การพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการป้องกันการลุกลามไฟป่าในพื้นที่อยู่อาศัย

นายจิรภาส บุญทับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมและเทคโนโลยีการป้องกันประเทศ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DEVELOPMENT OF A DECISION SUPPORT SYSTEM (DSS) FOR PREVENTION OF WILDFIRE RESIDENTIAL AREA

Mr. Jirapast Buntub

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Defense Engineering and Technology
FACULTY OF ENGINEERING
Chulalongkorn University
Academic Year 2021

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการป้องกันการลุกลามไฟป่าในพื้นที่อยู่อาศัย
โดย	นายจิรภาส บุญทับ
สาขาวิชา	วิศวกรรมและเทคโนโลยีการป้องกันประเทศ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.โปรดปราน บุณยพุกกณะ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	พันเอก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พงศ์พันธุ์ จันทะคัต อาจารย์ ดร.นฤมล ประทานวณิช

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.พิชญ รัชฎาวงศ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.โปรดปราน บุณยพุกกณะ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(พันเอก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พงศ์พันธุ์ จันทะคัต)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(อาจารย์ ดร.นฤมล ประทานวณิช)

..... กรรมการ
(พันเอกภาสกร ยะสะวุฒิ)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุเผ่า อบแพทย์)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จิรภาส บุญทับ : การพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการป้องกันการลุกลามไฟป่าในพื้นที่อยู่อาศัย. (DEVELOPMENT OF A DECISION SUPPORT SYSTEM (DSS) FOR PREVENTION OF WILDFIRE RESIDENTIAL AREA) อ.ที่ปรึกษาหลัก : รศ. ดร.โปรดปราน บุณยพุกกณะ, อ.ที่ปรึกษาร่วม : พ.อ.ผศ. ดร.พงศ์พันธุ์ จันทะคัต,อ. ดร. นฤมล ประทานวณิช

งานวิจัยนี้พัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการป้องกันไฟป่าสำหรับประเทศไทย (ThaiWDSS) เพื่อช่วยเจ้าหน้าที่ในการวางแผนป้องกันการลุกลามของไฟป่า เมื่อเจ้าหน้าที่เผชิญกับภัยจากไฟป่า ความท้าทายหลักได้แก่ การทำนายแนวโน้มการลุกลามของไฟป่า การประเมินความเสียหาย และการวางแผนการป้องกันพื้นที่ชุมชน ระบบช่วยรับมือกับปัญหาเหล่านี้โดยการจำลองการลุกลามของไฟป่า และระบุพื้นที่ชุมชน เพื่อการประเมินผลกระทบ โดยผู้ใช้งานสามารถจำลองการวางแผนการสร้างแนวป้องกันไฟที่สามารถควบคุมพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ได้ โดยผู้ใช้งานสามารถประเมินพื้นที่ที่จะได้รับผลกระทบ ร่วมกับสิ่งปลูกสร้าง โดยการจำลองแนวป้องกันไฟในการวางแผน ระบบได้รับการทดสอบการใช้งาน และแบบจำลองการลุกลามของไฟป่าได้รับการประเมินประสิทธิภาพการทำงาน ด้วยกรณีศึกษาในประเทศไทยที่เคยเกิดไฟป่าขึ้นจริงสองแห่ง จากผลการวิจัยพบว่าระบบสามารถสนับสนุนการจำลองการสร้างแนวป้องกันไฟรูปแบบต่าง ๆ โดยการจำลองพื้นที่เผาไหม้ที่จะเกิดขึ้น ซึ่งจะช่วยในการตัดสินใจระหว่างการวางแผนเผชิญเหตุ เนื่องจากข้อจำกัดของข้อมูล การระบุพื้นที่ชุมชน และการจำลองการลุกลามของไฟ มีความถูกต้อง 80% โดยประมาณ ในการระบุพื้นที่ชุมชน และการทำนายพื้นที่เผาไหม้ แบบจำลองสามารถพัฒนาได้อีกมากถ้าหากมีข้อมูลที่มากขึ้น เจ้าหน้าที่สามารถบริหารทรัพยากร และดำเนินมาตรการป้องกันสาธารณภัยได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สาขาวิชา	วิศวกรรมและเทคโนโลยีการป้องกันประเทศ	ลายมือชื่อนิสิต .....
ปีการศึกษา	2564	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....
		ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม .....
		ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม .....

6272018621 : MAJOR DEFENSE ENGINEERING AND TECHNOLOGY

KEYWORD: Satellite images, Wildifre spread prediction, Community detection, GRASS GIS, Decision support system

Jirapast Buntub : DEVELOPMENT OF A DECISION SUPPORT SYSTEM (DSS) FOR PREVENTION OF WILDFIRE RESIDENTIAL AREA. Advisor: Assoc. Prof. DR. Proadpran Punyabukkana, Ph.D. Co-advisor: Col. Asst. Prof. Pongpun Juntakut, Ph.D.,Dr. NARUEMON PRATANWANICH, Ph.D.

This study develops Thailand Wildfire Prevention Decision Support System (ThaiWDSS) to assist fire managers in wildfire spread prevention. The main challenges when the authorities face actual wildfire incidents are wildfire spread prediction, damage assessment, and community protection strategies. Our proposed system tackles those by simulating wildfire spread areas and detecting residential areas for damage assessment and allowing the users to provide firebreak planning that potentially controls burning areas. In particular, the user can estimate damaged area with the buildings from simulating different types of firebreak in strategic planning. Based on the two case studies from actual past incidents in Thailand, the system usability was tested, and the wildfire spread simulation model performance was evaluated. The results show that the system efficiently supported various firebreak locations by simulating corresponding affected areas properly, assisting the decision-making during wildfire prevention planning. With the limited input data, the building detection and wildfire spread simulation models performed approximately 80% accuracy in detecting buildings and predicting burned areas. The model simulation can be improved when more data features are available. With this system, the authorities can manage resources and perform prevention measures more efficiently.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Field of Study:	Defense Engineering and Technology	Student's Signature .....
Academic Year:	2021	Advisor's Signature .....
		Co-advisor's Signature .....
		Co-advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้เพราะได้รับความอนุเคราะห์เป็นอย่างดียิ่งจากอาจารย์ที่ปรึกษา รศ. ดร. โปรดปราน บุณยพุกกณะ พ.อ.ผศ. ดร. พงศ์พันธุ์ จันทะคัต อ. ดร. นฤมล ประทานวณิช ผศ. ดร. อนุเผ่า อบแพทย์ อาจารย์ประธานหลักสูตร รศ. ดร. พิชญ รัชฎาวงศ์ และอาจารย์ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทาง พ.อ. ภาสกร ยะสะวุฒิ ที่ให้คำปรึกษาองค์ความรู้ ชี้แนะแนวทาง แก้ไขปรับปรุงข้อบกพร่องในการทำวิจัย การพัฒนาระบบมาโดยตลอด ขอขอบพระคุณนักพัฒนา นักวิจัยมากมายที่ร่วมนำพัฒนาในหลายโครงการที่ผู้วิจัยนำมาพัฒนาต่อ ได้แก่ ทีมพัฒนาโปรแกรมกราสจีไอเอส (GRASS GIS development team) ที่พัฒนาโปรแกรมกราสจีไอเอส (GRASS GIS), Mr. Jacopo Margutti และ Mr. Wessel de Jong ที่ให้ความอนุเคราะห์พัฒนาโปรแกรมสำหรับการระบุสิ่งปลูกสร้างจากข้อมูลแผนที่ด้วยการเรียนรู้เชิงลึก ขอขอบพระคุณบริษัทไมโครซอฟ (Microsoft corporation) ที่ให้ความอนุเคราะห์แผนที่บิง (Bing Maps) สำหรับการศึกษา การวิจัย ขอขอบพระคุณนักพัฒนาของโอเพนสทรีตแมพ (OpenStreetMap contributors) ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลแผนที่ นอกจากนี้ยังมีนักพัฒนาทุกท่านที่ร่วมพัฒนาในโครงการโอเพนซอร์ซทั้งหมดที่ใช้งานวิจัยนี้ ขอขอบพระคุณนางสาวกาญจนี สถิตรังสีวงศ์ที่ให้ความช่วยเหลือในการพัฒนาระบบ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ ซึ่งทำให้งานวิจัยนี้สามารถสมบูรณ์ได้ ผู้วิจัยมีความซาบซึ้งในความกรุณาของทุกท่านที่ได้กล่าวถึงและผู้ที่ไม่ได้เอ่ยนามในที่นี้ได้มีส่วนช่วยเหลือในการสนับสนุนตลอดมา จึงขอกราบขอบพระคุณทุกท่านด้วยความจริงใจ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จิรภาส บุญทับ

สารบัญ

หน้า

..... ค

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญรูปภาพ ..... ญ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 2

1.3 ขอบเขตการวิจัย 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 การทำนายการลุกลามของไฟป่า 4

2.2 การประเมินแบบจำลองการลุกลามของไฟป่า 5

2.3 การระบุพื้นที่อยู่อาศัยด้วยการเรียนรู้เชิงลึก 7

2.4 ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ 8

บทที่ 3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 10

3.1 งานวิจัยด้านระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการจัดการป้องกันไฟป่า 10

3.2 งานวิจัยด้านแบบจำลองการลุกลามของไฟป่า 11

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.3 งานวิจัยด้านการระบุสิ่งปลูกสร้างจากภาพถ่ายจากดาวเทียม 12
3.4 งานวิจัยด้านการประเมินผลกระทบของการลุกลามของไฟป่าต่อพื้นที่ชุมชน 12
บทที่ 4 แนวคิดและวิธีการดำเนินงาน 14
4.1 โครงสร้างของระบบ 14
4.2 การจำลองการลุกลามของไฟป่า 15
4.2.1 ข้อมูลจุดความร้อน 15
4.2.2 ข้อมูลสภาพอากาศ 16
4.2.3 ข้อมูลสภาพภูมิประเทศ 16
4.2.4 ข้อมูลแบบจำลองเชื้อเพลิง 16
4.3 การระบุพื้นที่ชุมชม และสิ่งปลูกสร้าง 18
4.4 การประเมินผลกระทบของไฟป่าต่อพื้นที่ชุมชน 18
4.5 การประเมินผลกระทบหลังจากสร้างแนวป้องกันไฟ 19
4.6 การใช้งานเบื้องต้น 19
4.7 การพัฒนาระบบ 21
4.7.1 ส่วนประสานกับผู้ใช้งาน 21
4.7.2 การจำลองการลุกลามของไฟป่า และการประเมินผลกระทบ 21
4.7.3 การระบุพื้นที่ชุมชนด้วยการเรียนรู้เชิงลึก 21
4.7.4 การประเมินผลกระทบ 21
บทที่ 5 ผลลัพธ์ 22
5.1 พื้นที่ศึกษา 22
5.2 ผลการพัฒนาระบบ 23
5.3 ผลการทดลองใช้งานระบบ 25
5.4 ผลการประเมินแบบจำลองการลุกลามของไฟป่า 28
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัย 31

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6.1 แบบจำลองการลุกลามของไฟป่า 31
6.1.1 ข้อมูลสภาพอากาศ 31
6.1.2 ข้อมูลจุดกำเนิดไฟป่า 31
6.1.3 ข้อมูลแบบจำลองเชื้อเพลิง 32
6.1.4 แบบจำลองการลุกลามของไฟป่า 32
6.2 การระบุพื้นที่ชุมชน 33
6.3 การประเมินความเสียหาย 33
ข้อเสนอ และงานวิจัยในอนาคต 34
ภาคผนวก 35
บรรณานุกรม 37
ประวัติผู้เขียน 42

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ระดับความรุนแรงของการเผาไหม้จากไฟป่า 6

ตารางที่ 2 แบบจำลองเชื้อเพลิง 16

ตารางที่ 3 สิ่งปกคลุมดินและแบบจำลองจำลองเชื้อเพลิง 17

ตารางที่ 4 ข้อมูลพื้นที่ศึกษา 23

ตารางที่ 5 ผลการประเมินประสิทธิภาพการจำลองการลุกลามของไฟป่า 29

ตารางที่ 6 สรุปสัญญาอนุญาตและลิขสิทธิ์ของซอฟต์แวร์หลักที่ใช้ในการพัฒนาระบบ 36

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 โครงสร้างของ ThaiWDSS 14
ภาพที่ 2 ตัวอย่างข้อมูลจุดความร้อน 15
ภาพที่ 3 ขั้นตอนการใช้งาน ThaiWDSS 20
ภาพที่ 4 Front-end ส่วนแผนที่ 23
ภาพที่ 5 Front-end ส่วนควบคุมการใช้งานระบบ 24
ภาพที่ 6 กรอบพื้นที่สำหรับการใช้งานระบบ 25
ภาพที่ 7 ตัวอย่างการวาดรูปทรงบนแผนที่ 25
ภาพที่ 8 พื้นที่ศึกษาที่ 1 ไม่มีการป้องกัน 26
ภาพที่ 9 พื้นที่ศึกษาที่ 1 มีการป้องกัน 26
ภาพที่ 10 พื้นที่ศึกษาที่ 2 ไม่มีการป้องกัน 27
ภาพที่ 11 พื้นที่ศึกษาที่ 2 มีการป้องกัน 27
ภาพที่ 12 ตัวอย่างการใช้งานระบบในการวางแผนการป้องกัน 27
ภาพที่ 13 พื้นที่ศึกษาที่ 1 พื้นเผาไหม้อ้างอิง 29
ภาพที่ 14 พื้นที่ศึกษาที่ 1 พื้นที่เผาไหม้ทำนาย 29
ภาพที่ 15 พื้นที่ศึกษาที่ 2 พื้นเผาไหม้อ้างอิง 29
ภาพที่ 16 พื้นที่ศึกษาที่ 2 พื้นที่เผาไหม้ทำนาย 29

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ไฟป่าเป็นอุบัติการณ์ที่สร้างความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินของมนุษย์ ไม่ว่าจะเกิดจากน้ำมือของมนุษย์หรือเกิดโดยธรรมชาติ ในประเทศไทยนั้นไฟป่ามักเกิดโดยมนุษย์มากกว่าธรรมชาติ สาเหตุของการเกิดไฟป่าเกิดจากการเก็บหาของป่ามากที่สุดร้อยละ 62.94 [1] เมื่อเกิดไฟป่าที่ไม่สามารถควบคุมได้ก็อาจขยายตัวออกเป็นวงกว้างจนลุกลามเข้าสู่พื้นที่ชุมชนได้อย่างรวดเร็ว หากปราศจากการเตรียมพร้อมหรือป้องกันอย่างเหมาะสมย่อมทำให้เกิดผลกระทบเชิงลบที่รุนแรงถึงชีวิตและทรัพย์สิน ดังนั้นมาตรการป้องกันอันตรายจากไฟป่าจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่งยวด อย่างไรก็ดี การวางแผนการป้องกันไฟป่าเป็นงานที่ซับซ้อนและต้องการข้อมูลประกอบการตัดสินใจหลายประการ หากปราศจากข้อมูลสนับสนุนที่ครบถ้วนและทันกาล อาจทำให้การวางแผนขาดประสิทธิภาพได้

ในประเทศสหรัฐอเมริกามีระบบดับเบิลยูเอฟดีเอสเอส (Wildland Fire Decision Support System: WFDSS) [2] เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจของผู้เชี่ยวชาญในการป้องกันไฟป่า ในทำนองเดียวกัน ประเทศแคนาดาก็มีระบบซีเอฟเอฟดีอาเอส (Canadian Forest Fire Danger Rating System: CFFDRS) [3] ที่มีเป้าหมายเดียวกันและคงมีอีกหลายประเทศที่ได้เตรียมข้อมูลเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจดังกล่าวไว้ อย่างไรก็ดี ยังไม่พบระบบที่ทำงานในลักษณะนี้สำหรับประเทศไทย และที่สำคัญกว่านั้นคือ ประเทศที่ตั้งอยู่ในภูมิประเทศและสภาวะอากาศที่ต่างกันย่อมส่งผลต่อการลุกลามของไฟป่าที่ต่างกันไป ตลอดจนนโยบาย อุปกรณ์ อัตรากำลัง และความเชี่ยวชาญของเจ้าหน้าที่ก็อาจต่างกันไปอีกด้วย ระบบดังกล่าวจึงต้องมีคุณลักษณะที่เหมาะสมกับที่ที่จะนำไปใช้งาน

ปัจจัยเด่นที่ส่งผลต่อการลุกลามของไฟป่า [4] ได้แก่ ความเร็วลม ความชื้น พรรณไม้ ตลอดจนเชื้อเพลิงอื่นใด ซึ่งภูมิประเทศที่ต่างกันและเวลาที่ต่างกันนั้นทำให้ไฟป่าลุกลามต่างกันได้มาก ในทางกลับกัน วันสตุในธรรมชาติหรือสิ่งก่อสร้างบางชนิดก็อาจมีผลดี ช่วยลดการลุกลามของไฟโดยธรรมชาติ เช่น ลำคลอง หรือ ถนน จะเห็นได้ว่า แต่ละประเทศจึงควรให้ความสำคัญต่อรายละเอียดดังกล่าวเพื่อช่วยให้เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องได้ตัดสินใจได้อย่างมั่นใจขึ้น นอกเหนือจากนั้น นโยบายการอพยพผู้ประสบภัย ก็เป็นอีกประเด็นที่ต้องคำนึงถึงเมื่อเกิดไฟป่าในพื้นที่ต่างกัน เช่น ในประเทศไทยผู้เชี่ยวชาญมักจำเป็นต้องเคลื่อนย้ายผู้คนไปยังสถานที่ปลอดภัยที่เป็นสาธารณะ เช่น วัด โรงเรียน หรือสถานราชการต่าง ๆ

งานวิจัยนี้จึงนำเสนอการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการป้องกันการลุกลามไฟป่าในพื้นที่อยู่อาศัยในประเทศไทย ตั้งชื่อว่าไทยดับเบิ้ลยูดีเอสเอส (Thai Wildfire Prevention Decision Support System: ThaiWDSS) เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจของเจ้าหน้าที่สำหรับการป้องกันการลุกลามไฟป่า โดยสามารถจำลองการลุกลามของไฟป่าสำหรับพื้นที่อยู่อาศัย ซึ่งรองรับข้อมูลสภาพอากาศ แบบจำลองเชื้อเพลิง และแนวป้องกันไฟธรรมชาติ พร้อมทั้งประเมินความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นต่อสิ่งปลูกสร้าง แสดงสถานที่สำคัญ ตลอดจนให้ผู้ใช้สามารถจำลองตำแหน่งแนวป้องกันไฟ เพื่อจำลองการวางแผนปฏิบัติการ

ความท้าทายของระบบที่นำเสนอนี้มีอยู่หลายเรื่อง ได้แก่ (1) การจำลองการทำนายไฟป่า เพื่อใช้ทำนายรูปแบบการลุกลามไฟป่าจากจุดเกิดเหตุจริงแปรตามเวลา ตลอดจนการทำนายการลุกลามเมื่อเจ้าหน้าที่จำลองเขตป้องกันไฟ เพื่อไว้เลือกตัดสินใจได้อย่างแม่นยำมากขึ้น (2) การนำเข้าข้อมูลแบบกึ่งอัตโนมัติจากแหล่งข้อมูลทั่วโลก เพื่อลดเวลาในการป้อนข้อมูลโดยเฉพาะในเวลาคับขัน เช่น ข้อมูลจุดกำเนิดไฟป่า ข้อมูลความเร็วลมในบริเวณที่สนใจความชื้นในขณะนั้น พรรณไม้ในบริเวณ เป็นข้อมูลเบื้องต้น ก่อนที่จะให้ผู้ใช้งานได้ปรับข้อมูลตามความเหมาะสมได้ (3) การแสดงข้อมูล ซึ่งเกี่ยวข้องกับการป้องกันการลุกลามของไฟป่า ซึ่งนอกเหนือจากข้อมูลแผนที่ทั่วไปแล้ว จะต้องแสดงบ้านเรือน สิ่งปลูกสร้าง ถนน และอื่น ๆ (4) การประเมินพื้นที่ชุมชน ซึ่งต้องการความแม่นยำที่เพียงพอต่อการปฏิบัติภารกิจ

โดยสรุปในประเทศไทยยังขาดระบบสนับสนุนการวางแผนเผชิญเหตุไฟป่าที่มุ่งแก้ปัญหาดังกล่าว ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเสนอระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการป้องกันการลุกลามไฟป่าเข้าสู่พื้นที่อยู่อาศัย สำหรับเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องได้ใช้วางแผนเผชิญเหตุ พร้อมทั้งประเมินผลกระทบได้ทันที ให้เหมาะกับลักษณะท้องถิ่นไทย มุ่งแก้ปัญหาหลักได้แก่ การทำนายแนวโน้มการลุกลามของไฟป่า การระบุตำแหน่งพื้นที่ชุมชน การประเมินผลกระทบหากปราศจากการป้องกันใด ๆ และการประเมินผลกระทบร่วมกับการจำลองแนวป้องกันไฟ เพื่อให้เจ้าหน้าที่สามารถตัดสินใจเลือกการป้องกันผลกระทบที่จะเกิดขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการป้องกันการลุกลามไฟป่า โดยสามารถจำลองการลุกลามของไฟป่าสำหรับพื้นที่อยู่อาศัย ซึ่งรองรับข้อมูลสภาพอากาศ ลักษณะเชื้อเพลิงและแนวป้องกันไฟธรรมชาติ พร้อมทั้งประเมินความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นต่อสิ่งปลูกสร้าง และแสดงสถานที่สำคัญในชุมชนใกล้เคียง ตลอดจนให้ผู้ใช้สามารถจำลองแนวป้องกันไฟประกอบการวางแผนเผชิญเหตุ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1) การจำลองการลุกลามของไฟป่าจะใช้แบบจำลองการลุกลามของไฟรอเธอเมล (Rothermel surface fire spread model) ผ่านโปรแกรมกราสจีไอเอส (GRASS GIS)
2) ข้อมูลจุดความร้อนให้ผู้ใช้งานเป็นผู้ระบุ หรือผู้ใช้งานสามารถเลือกนำเข้าข้อมูลไฟจากระบบเฟิร์ม (Fire Information for Resource Management System: FIRMS) ขององค์กรนาซา (NASA) ได้ ซึ่งเป็นข้อมูลจุดความร้อนแบบใกล้เวลาจริง (Near real-time)
3) ข้อมูลสภาพอากาศ ได้แก่ ความเร็วและทิศทางของลม ให้ผู้ใช้งานเป็นผู้ระบุ หรือผู้ใช้งานสามารถเลือกนำเข้าจากเว็บไซต์ www.worldweatheronline.com
4) ข้อมูลความชื้นในเชื้อเพลิง ใช้ค่าคงที่เท่ากับร้อยละ 20 งานวิจัยนี้ไม่ครอบคลุมผลของความชื้นในเชื้อเพลิงต่อการลุกลามของไฟ
5) ข้อมูลแบบจำลองเชื้อเพลิง ใช้การประมาณจากข้อมูลสิ่งปกคลุมดิน (Land cover) จากภาพถ่ายจากดาวเทียม

6) แบบจำลองระดับความสูงภูมิประเทศเชิงเลข (Digital Evaluation Model: DEM) และข้อมูลสิ่งปกคลุมดิน (land cover) โดยนำเข้าจากกูเกิลเอิร์ธเอนจิน (Google Earth Engine)
7) ข้อมูลภาพถ่ายพื้นที่ชุมชนสำหรับการระบุตำแหน่งพื้นที่อยู่อาศัย (Building detection) นำเข้าจากแผนที่บิง (Bing Maps)
8) การระบุตำแหน่งพื้นที่อยู่อาศัยด้วยการเรียนรู้เชิงลึก (Deep learning model) ใช้แบบจำลองอัลบูเน็ต (AlbuNet)
9) ข้อมูลตำแหน่งถนน แหล่งน้ำ วัด โรงเรียน หน่วยงานราชการ และสถานที่สำคัญในชุมชน นำเข้าจากแผนที่โอเพนสทรีต (Open Street Map)
10) ระบบนี้เหมาะกับเจ้าหน้าที่ป้องกันไฟป่าทั้งที่ประจำการที่สำนักงาน ที่ปฏิบัติงานในที่เกิดเหตุ และการฝึกในศูนย์ฝึกบรรเทาสาธารณภัย หน่วยบัญชาการทหารพัฒนา กองบัญชาการกองทัพไทย
11) ระบบนี้จะทำงานในเว็บบราวเซอร์ (Web browser)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ได้ระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการป้องกันการลุกลามไฟป่าในพื้นที่อยู่อาศัยสำหรับใช้วางแผนเผชิญเหตุ ซึ่งเหมาะกับลักษณะท้องถิ่นไทยและไม่เคยมีมาก่อน
2) ระบบลักษณะนี้สามารถนำไปขยายใช้งานได้ทุกพื้นที่ในประเทศไทย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

บทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ได้แก่ การทำนายการลุกลามของไฟป่า ประเมินแบบจำลองการลุกลามของไฟป่า การระบุสิ่งปลูกสร้างด้วยการเรียนรู้เชิงลึก (Deep learning) และระบบสนับสนุนการตัดสินใจ

2.1 การทำนายการลุกลามของไฟป่า

นิยามของไฟป่าสำหรับงานวิจัยนี้ที่ไฟป่าคือไฟที่ลุกลามบนผิวดินอย่างอิสระ โดยไร้การควบคุม ไม่ว่าจะเกิดจากสาเหตุโดยมนุษย์หรือธรรมชาติ ไม่ครอบคลุมไฟชนิดอื่นเช่น ไฟเรือนยอด ไฟใต้ดิน เป็นต้น ไฟป่าอาจจะเป็นไฟที่ลุกลามในพื้นที่เกษตรกรรมก็ได้ หากปราศจากการควบคุมแม้จะเกิดขึ้นจากเกษตรกรก็ตาม แต่หากไฟนั้นถูกจุดอย่างตั้งใจ และมีการควบคุมด้วยเหตุผลบางอย่าง เช่น การเกษตรกรรม ไฟนั้นไม่ใช่ไฟป่าสำหรับงานวิจัยนี้

การทำนายการลุกลามของไฟป่าที่เป็นที่ยอมรับและมีการใช้งานกันแพร่หลายคือ แบบจำลองการลุกลามของไฟของรอเธอเมล (Rothermel) [5] ซึ่งได้รับการพัฒนาขึ้นมาจากกฎการอนุรักษ์พลังงาน (Conservation of energy) ที่กล่าวว่า พลังงานไม่อาจถูกสร้างขึ้นและไม่อาจสูญเสียไป แต่จะถ่ายเทจากแหล่งหนึ่งไปอีกแหล่งหนึ่งหรือเปลี่ยนแปลงชนิดของพลังงานได้ การลุกลามของไฟเป็นกระบวนการถ่ายเทพลังงานความร้อน จากเปลวไฟที่กำลังเผาไหม้เชื้อเพลิง ไปสู่เชื้อเพลิงที่ยังไม่ติดไฟ ตัวแปรที่สำคัญประการแรกในการทำนายการลุกลามของไฟคือ อัตราเร็วในการลุกลามของไฟป่า (The spread rate of a fire) นิยามคือ อัตราเร็วของเปลวไฟ (Flame front) ที่ลุกลามผ่านเชื้อเพลิง [6] คำนวณได้จากอัตราส่วนระหว่างฮีทซอร์ซ (Heat source) และฮีทซิงค์ (Heat sink) ดังสมการที่ 2.1

$$R = \frac{I_R \xi (1+\phi_w+\phi_s)}{\rho_b \varepsilon Q_i g} \tag{2.1}$$

ตัวแปรแรกคือฮีทซอร์ซ (Heat source) ($I_R \xi (1 + \phi_w + \phi_s)$) คืออัตราเร็วในการถ่ายเทพลังงานความร้อนจากเปลวไฟสู่เชื้อเพลิงที่ยังไม่ถูกเผาไหม้ ปริมาณนี้มีหน่วยเป็น ปริมาณพลังงานความร้อนต่อพื้นที่ต่อเวลา ความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่เชื้อเพลิงต้องใช้พลังงานส่วนหนึ่งในการจุดเชื้อเพลิงให้ติดไฟ ปริมาณความร้อนที่ต้องใช้นี้เรียกว่าฮีทซิงค์ (Heat sink) ($\rho_b \varepsilon Q_i g$) มีหน่วยเป็นปริมาณพลังงานความร้อนต่อปริมาตร วัสดุเชื้อเพลิงที่แตกต่างกันอาจต้องการฮีทซิงค์ (Heat sink) ต่างกัน แสดงถึงความยากง่ายในการติดไฟ เช่น ใบไม้แห้งต้องการฮีทซิงค์ (Heat sink) น้อยกว่า ท่อนไม้เปียก เมื่อไม่คำนึงถึงผลจากปัจจัยอื่น โดยอิทธิพลของลมและสภาพความสูง ความลาดเอียงของภูมิประเทศจะส่งผลต่อฮีทซอร์ซ (Heat source) เพื่อให้สมการสามารถทำนายได้ใกล้เคียงกับความจริง ได้มีการพัฒนามาจากทั้งทฤษฎีและการทดลองในห้องทดลอง ด้วยเชื้อเพลิงหลายชนิด ที่พบเห็นได้ทั่วไปในพื้นที่สหรัฐอเมริกา เพื่อเก็บค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการลุกลามของไฟป่า โดยข้อมูลนี้เรียกว่าแบบจำลองเชื้อเพลิง (Fuel model) โดยข้อมูลมาตรฐานนี้เป็นการแบ่งประเภทของวัสดุที่ติดไฟได้ในธรรมชาติ เชื้อเพลิงชนิดต่างกัน มีความ

หนาแน่นของอนุภาคต่างกัน ใช้ความร้อนในการเริ่มติดไฟต่างกัน ในสหรัฐอเมริกาได้มีการจัดทำค่ามาตรฐานไว้สำหรับการกำหนดตัวแปรสำหรับลักษณะเชื้อเพลิงในพื้นที่สหรัฐอเมริกา [6]

ในการจำลองการลุกลามของไฟป่า นอกจากการคำนวณความเร็วในการลุกลามแล้ว การคำนวณอัตราเร็วในการลุกลามของไฟให้ผลลัพธ์ในหนึ่งมิติ แต่การทำนายการลุกลามของไฟจริง สิ่งที่สนใจคือพื้นที่ที่จะได้รับผลกระทบซึ่งอยู่ในสองมิติ ดังนั้นอัตราเร็วในการลุกลามของไฟจึงยังไม่เพียงพอ ต้องการจำลองเส้นรอบวงของไฟป่าด้วย โดยนำผลการคำนวณอัตราเร็วในการลุกลามมาจำลองด้วยรูปทรงเรขาคณิต ในสถานการณ์จริงการเริ่มต้นลุกลามของไฟป่า จากแหล่งกำเนิดของไฟหนึ่งแหล่ง ในช่วงเริ่มต้นของการลุกลามที่มีพื้นที่เผาไหม้ไม่มาก การลุกลามของไฟจะมีรูปร่างทรงรี [7] อิทธิพลของลมและความลาดชันของภูมิประเทศจะมีผลต่อรูปทรงของวงรี ถ้าลมและลักษณะวัสดุเชื้อเพลิงไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปทรงก็จะมีลักษณะเหมือนเดิม ความเร็วในการลุกลามคือความเร็วในการขยายความยาวของแกนเอกของวงรี ซึ่งจะอยู่ทิศเดียวกับทิศทางของลม

แต่การลุกลามของไฟป่า ไม่ได้เกิดได้จากแหล่งกำเนิดเดียวเท่านั้น ทิศทางลม ความเร็วลม และวัสดุในพื้นที่อาจมีการเปลี่ยนแปลง การขยายตัวของไฟป่ามีลักษณะคือการติดไฟของวัสดุจากจุดหนึ่งไปสู่จุดรอบ ๆ ที่ติดไฟได้ แต่ยังไม่ติดไป และเป็นเช่นนี้ไปจนขยายตัวเป็นวงกว้าง ลักษณะนี้มีความคล้ายกับการกระจายตัวของคลื่นในตัวกลาง จากหลักการของฮอยเกนส์ (Huygens principle) [8] ที่กล่าวว่า ทุกจุดของหน้าคลื่นที่กำลังเคลื่อนตัว จะกระทำตัวเสมือนเป็นจุดศูนย์กลางกำเนิดคลื่นใหม่ และหน้าคลื่นที่เคลื่อนตัวออกไปจะเสมือนกับเป็นผลรวมของคลื่นย่อย หลักการนี้ถูกนำมาพัฒนาจำลองการลุกลามของไฟโดยคิดว่าทุกจุดในการลุกลามของไฟมีลักษณะพื้นฐานเป็นรูปทรงรี และจุดเผาไหม้ใหม่ที่เกิดขึ้นก็จะเป็นแหล่งกำเนิดการลุกลามของไฟจุดใหม่ เช่นเดียวกับแหล่งกำเนิดคลื่น และการลุกลามของไฟทั้งหมดเป็นผลรวมของทุกการลุกลามย่อย [9] สำหรับระบบที่พัฒนาในงานวิจัยนี้ จะใช้แบบจำลองการลุกลามของไฟป่าของรอเธอเมล (Rothermel) ที่มีอยู่ในโปรแกรมกราสจีไอเอส (GRASS GIS) [10]

2.2 การประเมินแบบจำลองการลุกลามของไฟป่า

ในการประเมินการจำลองการลุกลามของไฟป่าประกอบด้วยสองขั้นตอน ขั้นตอนแรกคือการเตรียมข้อมูลพื้นที่เผาไหม้จากการทำนาย และพื้นที่เผาไหม้ที่เกิดขึ้นจริง ขั้นตอนที่สองคือการเปรียบเทียมพื้นที่ทั้งสองเพื่อประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง ดังนั้นข้อมูลที่จำเป็นคือข้อมูลพื้นที่เผาไหม้ที่เกิดขึ้นจริง อย่างไรก็ตามการเก็บข้อมูลพื้นที่เผาไหม้จริงนั้นทำได้ยากในปฏิบัติ วิธีการหนึ่งคือการระบุพื้นที่เผาไหม้จากการประมวลผลภาพถ่ายจากดาวเทียม โดยการคำนวณข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมในช่วงคลื่นต่าง ๆ วิธีการหนึ่งคือการใช้ความค่าความแตกต่างดัชนีการเผาไหม้ (Different Normalized Burn Ratio) [11] ซึ่งจะใช้เป็นตัวแปรที่แยกพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ออกจากพื้นที่ที่ไม่ถูกเผาไหม้ สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.2 ดังนี้

$$dNBR = NBR_A - NBR_B \tag{2.2}$$

โดยเป็นผลต่างระหว่างดัชนีบ่งชี้การเผาไหม้ (Normalized Burn Ratio) ของข้อมูลภาพก่อนเกิดและหลังไฟป่าตามลำดับ สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.3 ดังนี้

$$\mathrm{NBR} = \frac{\mathrm{NIR}-\mathrm{SWIR}}{\mathrm{NIR}+\mathrm{SWIR}} \quad (2.3)$$

โดย NIR คือข้อมูลภาพช่วงคลื่นแสงใกล้อินฟราเรด (Near Infrared) และ SWIR คือข้อมูลภาพช่วงคลื่นความยาวคลื่นสั้น (Short-wave Infrared) ของภาพถ่ายจากดาวเทียม การระบุความรุนแรงของการเผาไหม้จากไฟป่าตาม United States Geological Survey (USGS) [12] แสดงในตารางที่ 1

ระดับความรุนแรงของการเผาไหม้ (Severity Level)	ช่วงค่า dNBR
Enhanced Regrowth, high	-0.500 ถึง -0.251
Enhanced Regrowth, low	-0.250 ถึง -0.101
Unburned	-0.100 ถึง +0.99
Low Severity	+0.100 ถึง +0.269
Moderate-low Severity	+0.270 ถึง +0.439
Moderate-high Severity	+0.440 ถึง +0.659
High Severity	+0.660 ถึง +1.300

ตารางที่ 1 ระดับความรุนแรงของการเผาไหม้จากไฟป่า

ข้อมูลขาเข้า (input data) ได้แก่ ภาพถ่ายจากดาวเทียมก่อนและหลังเหตุการณ์ไฟป่า โดยใช้ภาพในช่วงคลื่น NIR และ SWIR เพื่อนำมาคำนวณตามการที่ 2.3 ผลลัพธ์ที่ได้ของทั้งสองภาพนำไปคำนวณตามการที่ 2.2 ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นข้อมูลราสเตอร์ (raster) ที่ระบุค่าดัชนี dNBR ในแต่ละจุดภาพ (pixel) เมื่ออ้างอิงจากตารางที่ 1 ค่าดัชนีที่มากกว่า 0.99 จะระบุว่าเป็นพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ ในขณะที่พื้นที่ที่มีค่าดัชนีน้อยกว่า 0.99 จะระบุว่าเป็นพื้นที่ที่ไม่ถูกเผาไหม้ ผลลัพธ์ที่นี้จะใช้เป็นพื้นที่เผาไหม้อ้างอิงเพื่อทดแทนการลงสำรวจพื้นที่จริงที่ทำได้ยากในทางปฏิบัติ

วิธีการประเมินใช้การเปรียบเทียบเชิงพื้นที่ระหว่างข้อมูลพื้นที่เผาไหม้อ้างอิงที่ได้จากการคำนวณด้วยสมการที่ 2.2 กับข้อมูลการทำนายการลุกลาม โดยเป็นการเปรียบเทียบผลการทำนายกับค่าอ้างอิงทีละจุดภาพของทั้งสองราสเตอร์ (raster) [13] ผลลัพธ์ที่ได้คือคอนฟิวชั่นเมทริกซ์ (confusion matrix) ของความเป็นไปได้สี่ประการดังนี้

ผลบวกจริง (true positive: TP) คือจุดนั้นเกิดไฟป่าจริง และทำนายถูกต้อง

ผลบวกปลอม (false positive: FP) คือจุดนั้นไม่เกิดไฟป่า แต่ทำนายว่าถูกเผาไหม้ ซึ่งไม่ถูกต้อง

ผลลบจริง (true negative: TN) คือจุดนั้นไม่เกิดไฟป่า และทำนายถูกต้อง

ผลลบปลอม (false negative: FN) คือจุดนั้นเกิดไฟขึ้นจริง แต่ทำนายว่าไม่ถูกเผาไหม้ ซึ่งไม่ถูกต้อง

ตัวแปรทั้งสี่ประการนี้จะนำไปคำนวณการประเมินประสิทธิภาพ 4 สมการดังนั้น

$$\text{Sentivity} = \frac{\text{TP}}{\text{TP} + \text{FN}} \tag{2.4}$$

$$\text{Specificity} = \frac{\text{TN}}{\text{TN} + \text{FP}} \tag{2.5}$$

$$\text{Precision} = \frac{\text{TP}}{\text{TP} + \text{FP}} \tag{2.6}$$

$$\text{Accuracy} = \frac{\text{TP} + \text{TN}}{\text{TP} + \text{FP} + \text{TN} + \text{FN}} \tag{2.7}$$

สมการที่ 2.4 คือความไว (Sensitivity) คือสัดส่วนระหว่างผลบวกที่ทำนายถูกต้อง ต่อจุดที่ถูกเผาไหม้ทั้งหมด

สมการที่ 2.5 คือความจำเพาะ (Specificity) คือสัดส่วนระหว่างผลลบที่ทำนายถูกต้อง ต่อจุดที่ไม่ถูกเผาไหม้ทั้งหมด

สมการที่ 2.6 คือความเที่ยง (Precision) คือสัดส่วนระหว่างผลบวกที่ทำนายถูกต้อง ต่อจุดที่นายว่าจะถูกเผาไหม้ทั้งหมด

สมการที่ 2.7 คือความถูกต้อง (Accuracy) คือสัดส่วนระหว่างผลการทำนายที่ถูกต้อง ต่อผลการทำนายทั้งหมด

จากสมการที่ 2.4 และ 2.6 ตัวชี้วัด Sensitivity และ Precision จะมีค่าสูงขึ้นเมื่อสัดส่วนของพื้นที่เผาไหม้ที่ทำนายถูกต้องมีค่ามาก ในขณะที่ตัวชี้วัด Specificity จะมีค่าสูงเมื่อสัดส่วนของการทำนายพื้นที่ที่ไม่ถูกเผาไหม้ถูกต้อง การใช้งานวิธีการนี้ในการประเมินการทำงานของแบบจำลองการลุกลามของไฟป่า ข้อจำกัด และข้อเสนอแนะจะกล่าวถึงโดยละเอียดในบทที่ 5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.3 การระบุพื้นที่อยู่อาศัยด้วยการเรียนรู้เชิงลึก

ข้อมูลพื้นที่อยู่อาศัยอาจถูกจัดในหลายรูปแบบเช่น ฐานข้อมูลของรัฐ อาจเก็บในรูปของโฉนดที่ดิน แต่ข้อมูลอาจจะไม่ทันสมัยคือ สิ่งปลูกสร้างบางอย่างอาจมีการถูกสร้างโดยไม่ได้มีการเก็บข้อมูลในขณะที่ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม (Satellite image) มีความใหม่ของข้อมูลสูง โครงการ Sentinel-2 เป็นภารกิจคู่ดาวเทียมสองดวง จากลักษณะการโคจรของดาวเทียมทั้งสอง โดยดาวเทียมทั้งสองดวงจะโคจรกลับมาที่เดิมในเวลาประมาณ 10 วัน ดังนั้นข้อมูลภาพถ่ายเหนือพื้นที่ศึกษาหนึ่งจะห่างกันประมาณ 5 วัน ดังนั้นการใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมจะได้ข้อมูลที่ทันสมัย เหมาะสำหรับการนำมาพัฒนาระบบป้องกันสาธารณภัย แต่จะทำอย่างไรให้สามารถระบุพื้นที่ชุมชนบ้านเรือน สถานที่สำคัญจากภาพถ่ายจากดาวเทียมได้ วิธีการหนึ่งที่เริ่มได้รับความนิยมในปัจจุบันคือการใช้การเรียนรู้เชิงลึก สิ่งแรกที่ต้องการคือชุดข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมที่ระบุตำแหน่งบ้านเรือนเป็นตัวอย่างสำหรับการเรียนรู้ โดยเป็นตัวอย่างภาพถ่ายจากดาวเทียมที่สุ่มมา และระบุตำแหน่งของบ้านเรือนไว้เป็นตัวอย่าง ชุดข้อมูลดังกล่าวควรจะมีปริมาณมาก และครอบคลุมพื้นที่หลากหลาย ส่วนต่อไปเป็นแบบจำลองหรือโครงข่ายประสาทเทียมที่จะนำไปทำการเรียนรู้ให้มีความสามารถในการแยกแยะพื้นที่บ้านเรือน

ในสาขาวิชาการเรียนรู้เชิงลึก มีแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมมากมาย แต่ตัวอย่างหนึ่งที่ถูกใช้ในการระบุพื้นที่อยู่อาศัยจากภาพถ่ายจากดาวเทียมคือยูเน็ต (U-Net) [13] เป็นโครงสร้างประสาทเทียมที่ออกแบบให้รับข้อมูลภาพ และให้ผลลัพธ์ข้อมูลภาพออกมา แต่จะให้ภาพที่ระบุตำแหน่งบางอย่างในภาพ การระบุตำแหน่งนี้อาจเป็นสิ่งใดก็ได้ขึ้นอยู่กับชุดข้อมูลตัวอย่าง ในกรณีนี้คือ ตำแหน่งของบ้านเรียนที่อยู่อาศัย ลูกศรแสดงถึงทิศทางการทำงาน โดยเริ่มจากข้อมูลภาพขาเข้า แล้วข้อมูลจะถูกคำนวณด้วยฟังก์ชันต่าง ๆ และขนาดของภาพจะเปลี่ยนไป และสุดท้ายจะมีขนาดใหญ่ขึ้น โครงสร้างของแบบจำลองที่ทำให้ภาพมีขนาดเล็กลงเรียกว่าเอนโคดเดอร์ (Encoder) ในขณะที่ดีโคดเดอร์ (Decoder) หมายถึงโครงสร้างแบบจำลองช่วงที่ข้อมูลภาพมีขนาดใหญ่ขึ้น การทำงานแบบนี้จะทำให้ชุดตัวแปรที่เหมาะสุดที่หาได้จะเป็นกฎที่ดีที่สุดที่จะใช้ในการระบุตำแหน่งของบ้านเรือนในข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม เมื่อนำแบบจำลองไปใช้งานจริง ด้วยข้อมูลจริงที่ไม่ได้มาจากข้อมูลตัวอย่าง ก็คาดหวังว่าจะสามารถระบุบ้านเรือนได้ถูกต้อง ทั้งนี้โครงสร้างของแบบจำลองสามารถพัฒนาต่อไปได้มากมายแบบจำลองชื่ออัลบูเน็ต (AlbuNet) [14] ก็เป็นแบบจำลองที่มียูเน็ต (U-Net) เป็นพื้นฐาน แต่มีการเปลี่ยนสร้างบางอย่างให้ใช้เรสเน็ต (ResNet) ในส่วนของเอนโค้ดเดอร์ (Encoder) โดยที่เรสเน็ต (ResNet) คือโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Network: CNN) แบบหนึ่งที่ปรับแต่งขั้นตอนการทำงานบางส่วน งานวิจัยนี้จะนำแบบจำลองอัลบูเน็ต (AlbuNet) มาพัฒนาต่อยอดสำหรับการการระบุสิ่งปลูกสร้างจากภาพถ่ายจากดาวเทียม

2.4 ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ

ระบบสนับสนุนการตัดสินใจคือระบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่บริหารจัดการ ประมวลผล นำเสนอข้อมูล เพื่อช่วยให้ผู้ใช้งานประกอบการ วางแผน ตัดสินใจในงาน หรือเผชิญสถานการณ์ปัญหาต่าง ๆ ที่จำเป็นต้องข้อมูลจำนวนมาก ภายใต้ทรัพยากรและเวลาที่จำกัด เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ ระบบจะช่วยในการเก็บรวบรวม วิเคราะห์และประมวลผลข้อมูล หรือแม้กระทั่งการจำลองสถานการณ์ที่อาจเกิดขึ้น พร้อมทั้งการแนะนำวิธีการรับมือให้กับผู้ใช้งาน ตัวอย่างองค์ประกอบหลักของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

- การจัดเก็บข้อมูล (Data storage)
- การวิเคราะห์ และประมวลผลข้อมูล (Data analysis and processing)
- การทำนายแนวโน้มของข้อมูล (Prediction)
- การหาค่าเหมาะสุดของข้อมูล (Optimization)
- ส่วนประสานผู้ใช้งาน (User interface)

ทั้งนี้องค์ประกอบของระบบในงานชนิดต่าง ๆ อาจจะมีความแตกต่างกันในรายละเอียด ขึ้นกับลักษณะของงาน ตัวอย่างระบบสนับสนุนการตัดสินใจ ดังนี้

- ระบบวางแผนเส้นทางด้วยข้อมูลจีพีเอส (GPS route planning) ระบบนี้ใช้วางแผนเส้นทางที่เร็วที่สุด หรือสั้นที่สุดระหว่างสองตำแหน่ง ข้อมูลที่เกี่ยวข้องเช่น ข้อมูลสภาพจารจรแบบเวลาจริง (Real-time) ผู้ใช้งานสามารถใช้ระบบนี้เพื่อตัดสินใจวางแผนเส้นทางการเดินทางได้
- ระบบสนับสนุนงานการเกษตร ระบบนี้ช่วยให้เกษตรการตัดสินใจเลือกเวลาที่ดีที่สุดในการวางแผนการเกษตร เช่น เวลาที่ดีที่สุดในการเพาะปลูก การบำรุงดิน การเก็บเกี่ยว เป็นต้น
- ระบบช่วยวินิจฉัยโรคที่สามารถแพทย์ในการวินิจฉัยโรค จากข้อมูลและความเป็นไปได้มากมา
- ระบบควบคุมอากาศยานไร้คนขับ

สำหรับภัยจากไฟป่าที่มีความเสี่ยงที่จะเกิดผลกระทบเชิงลบต่อชีวิต สิ่งแวดล้อม การวางแผนเผชิญภัยไฟป่าเกี่ยวข้องกับข้อมูลมากมาย ระบบสนับสนุนการตัดสิน จะช่วยรวบรวม ประมวลผล วิเคราะห์ พร้อมทั้งนำเสนอแนวโน้มของภัย และพื้นที่ชุมชนที่อาจได้รับผลกระทบแก่ผู้ใช้งาน ทำให้สามารถตัดสินใจในการวางแผนเผชิญเหตุได้ดีขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทนี้จะกล่าวถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในหลายด้าน ได้แก่ ระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการจัดการป้องกันไฟป่า แบบจำลองการทำนายการลุกลามของไฟป่า การระบุสิ่งปลูกสร้างจากภาพถ่ายจากดาวเทียม และการประเมินผลกระทบจากการลุกลามของไฟป่าต่อพื้นที่ชุมชน

3.1 งานวิจัยด้านระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการจัดการป้องกันไฟป่า

ในหลายประเทศได้มีการพัฒนาระบบเพื่อเผชิญเหตุการณ์ไฟป่า องค์ประกอบหลักที่ทุกระบบมีเหมือนกันมีอยู่ 4 ประการ [15] ได้แก่ การจัดการข้อมูลทางภูมิศาสตร์ การทำนายการลุกลามของไฟป่า การแสดงพื้นที่เสี่ยงภัยจากไฟป่า และโปรแกรมสำหรับผู้ใช้งาน โดยระบบในแต่ละประเทศอาจมีความแตกต่างกันในรายละเอียด ในสหรัฐอเมริกามีระบบดับเบิลยูเอฟดีเอสเอส (WFDSS) ที่ถูกพัฒนามาเพื่อช่วยในการวิเคราะห์สถานการณ์ไฟป่า การวางแผนเผชิญเหตุการณ์ และการรายงาน องค์ประกอบแรกคือการทำนายการพฤติกรรมของไฟป่า ได้แก่ ความยาวเปลวไฟ (Flame length), อัตราเร็วการลุกลามของไฟป่า (Rate of spread) แบบจำลองไฟเรือนยอด (Crown fire activity) เป็นต้น ข้อมูลนำเข้าพื้นฐานได้แก่ ข้อมูลสภาพอากาศ ข้อมูลทางภูมิศาสตร์ ระบบนี้การประเมินผลกระทบจากไฟป่าในทางเศรษฐศาสตร์ต่อทรัพยากรธรรมชาติ โครงสร้างพื้นฐาน ส่วนต่อมาคือ ประเมินผลกระทบด้วยเครื่องมือชื่อ Rapid Assessment of Values at Risk (RAVAR) เครื่องมือนี้จะนำเสนอตำแหน่ง บ้านเรือนหรือสิ่งปลูกสร้างสำคัญที่อาจได้รับผลกระทบเชิงลบจากไฟป่า และช่วยให้ข้อมูลสนับสนุนการวางแผนทั้งการวางแผนป้องกันไฟตามฤดูกาล และการวางแผนการดับไฟ โดยอาศัยข้อมูลที่จัดเก็บโดยหน่วยงานของรัฐ และภาพถ่ายทางอากาศกรณีที่ไม่มีข้อมูล

ในแคนาดาระบบซีเอฟเอฟดีอาเอส (CFFDRS) เป็นระบบประเมินความเสี่ยงภัยจากไฟป่าในประเทศแคนาดา ระบบนี้มีระบบย่อยสองส่วน ได้แก่ Canadian Forest Fire Weather Index System (FWI) และ Canadian Forest Fire Behavior Prediction System (FBP) ในส่วนแรกเป็นการประเมินความเสี่ยงที่จะเกิดไฟป่าในพื้นที่จากข้อมูลสภาพอากาศ ข้อมูลทางภูมิศาสตร์ แสดงผลลัพธ์ในรูปดัชนีความรุนแรงของไฟ (Fire weather index: FWI) ในส่วนที่สองเป็นส่วนของการจำลองพฤติกรรมของไฟเช่น เดียวกับระบบดับเบิลยูเอฟดีเอสเอส (WFDSS) ต่อมาโครงการโพมีทีอุส (Prometheus) [16] ซึ่งเป็นโปรแกรมจำลองพฤติกรรมของไฟป่าที่พัฒนาต่อมาจากระบบ FBP

ระบบอีเอฟเอฟไอเอส (European Forest Fire Information System: EFFIS) [17] เป็นระบบที่ครอบคลุม การเฝ้าระวัง การวางแผนเตรียมการป้องกันภัย และการประเมินผลกระทบจากไฟป่า ในพื้นที่ยุโรป บริเวณทะเลเมดิเตอร์เรเนียน ตะวันออกกลาง และแอฟริกาเหนือ การประเมินความเสี่ยงจากไฟป่าใช้ดัชนีความรุนแรงไฟ (Fire weather index: FWI) เช่นเดียวกับระบบซีเอฟเอฟดีอาเอส (CFFDRS) การแสดงจุดความร้อนด้วยดาวเทียม การประเมินความเสียหาย งานวิจัยนี้นำเสนอระบบสำหรับประเทศไทยสนับสนุนการตัดสินใจในการจัดการป้องกันไฟป่า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ทุกระบบทั่วโลกมีการทำงานที่เหมือนกันหลายประการได้แก่ การทำนายการลุกลามของไฟป่า การบริหารจัดการข้อมูล การตรวจจับไฟป่าด้วยข้อมูลจุดความร้อนจากดาวเทียม แต่ในระบบดับเบิลยูเอฟดีเอสเอส (WFDSS) มีการพัฒนาเพิ่มเติมในส่วนการระบุพื้นที่ชุมชน สถานที่สำคัญที่จะได้รับความเสียหาย พร้อมทั้งการประเมินผลกระทบทางเศรษฐกิจ อย่างไรก็ตามวิธีการที่ใช้คือการใช้ข้อมูลที่จัดเก็บโดยหน่วยงานของรัฐ ซึ่งอาจมีความไม่ทันสมัยของข้อมูล และไม่สามารถนำวิธีการนี้มาปรับใช้ในประเทศไทยได้ สำหรับในประเทศไทย มีระบบแสดงจุดความร้อนจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม เช่นเดียวกับระบบอื่น ๆ แต่ประเทศไทยยังไม่มีการพัฒนาระบบเพื่อการเผชิญเหตุการไฟป่า ยังไม่มีการพัฒนาแบบจำลองการลุกลามของไฟสำหรับพื้นที่ในประเทศไทย เนื่องจากการจำลองการลุกลามของไฟที่ใช้ในระบบอื่น ได้รับการออกแบบมาเพื่อใช้งานสำหรับพื้นที่ในสหรัฐอเมริกาเท่านั้นรายละเอียดจะกล่าวถึงในหัวข้อถัดไป นอกจากนี้ยังไม่มีการพัฒนาระบบการทำนายการลุกลามของไฟป่าการประเมินความเสียหายต่อประชาชนและชุมชน

3.2 งานวิจัยด้านแบบจำลองการลุกลามของไฟป่า

ในงานวิจัยที่การจำลองอัตราการลุกลามของไฟที่สนใจคือไฟผิวดิน (Surface fire) โปรแกรมฟาไซต์ (FARSITE) เป็นโปรแกรมจำลองการลุกลามของไฟป่า โดยใช้สมการคำนวณอัตราการลุกลามของไฟของรอเธอเมล (Rothermel) ในระบบดับเบิลยูเอฟดีเอสเอส (WFDSS) การจำลองการลุกลามของไฟใช้โปรแกรมเอฟเอสโปร (FSPro) [18] เป็นแบบจำลองการลุกลามของไฟในสองมิติ และแสดงความน่าจะเป็นที่ไฟจะลุกลามเข้าสู่แต่ละจุดในแผนที่ เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจ แต่เอฟเอสโปร (FSPro) มีข้อจำกัดในการทำนายในสถานการณ์ที่มีการดับไฟ คือการจำลองการลุกลามของไฟมีองค์ประกอบสองส่วนคือ การคำนวณอัตราเร็วในการลุกลามของไฟป่า และการจำลองเส้นขอบเขตการลุกลาม (Fire perimeter) จากโปรแกรมจำลองพฤติกรรมของไฟดังกล่าว สมการการลุกลามของไฟของรอเธอเมล (Rothermel) เป็นสมการที่ได้รับการยอมรับและใช้งานแพร่หลาย โดยได้รับการออกแบบบนพื้นฐานทฤษฎีเกี่ยวกับลักษณะทางกายภาพของการลุกลามของไฟป่า และการทดลองผลการลุกลามของเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ เป็นการจำลองอัตราการลุกลามของไฟโดยมีพื้นฐานความคิดจากกระบวนการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงร่วมกับการคิดอิทธิพลจากลม ความชื้น ข้อมูลที่จำเป็นได้แก่ ความเร็วลม ทิศทางลม ความชื้น ลักษณะของเชื้อเพลิง ส่วนสำคัญของแบบจำลองคือ ข้อมูลแบบจำลองเชื้อเพลิง ซึ่งเป็นการรวบรวมชุดตัวแปร จากการทดลองจากพืชหลายชนิดในพื้นที่สหรัฐอเมริกา เพื่อให้สามารถคำนวณความเร็วของการลุกลามเหมือนจริงมากที่สุด โดยค่ามาตรฐานที่ได้มีการจัดทำไว้เช่น 13 Anderson Fire Behavior Fuel Models [19] ต่อมาภายหลังได้รับการต่อยอดเป็น 40 ชนิดโดย [20] โดยเป็นข้อมูลสำหรับเชื้อเพลิงในสหรัฐอเมริกา และไม่มีการจัดทำข้อมูลมาตรฐานสำหรับประเทศไทย นอกจากอัตราการลุกลามของไฟแล้ว เมื่อนำไปใช้งานจริงอีกสิ่งที่เราสนใจคือพื้นที่ที่จะได้รับผลกระทบ จากข้อมูลอัตราการลุกลามของไฟในพื้นที่การจำลองพื้นที่จะได้รับผลกระทบโดยการจำลองเส้นรอบวงของไฟป่า (Fire perimeters) ด้วยหลักการกระจายตัวของคลื่นของฮอยเกนส์ (Huygens principle) ขอบเขตการลุกลามของไฟจากพื้นที่ที่ถูกไฟไหม้แล้ว ไปสู่พื้นที่ที่ยังไม่ได้ถูกไหม้ โดยใช้รูปทรงรีจำลองเส้นรอบวงของไฟป่า เนื่องจากกระบวนการคำนวณนั้นไม่ซับซ้อน [21] สำหรับงานวิจัยนี้ใช้การจำลองการลุกลามของไฟด้วยโปรแกรมกราสจี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ไอเอส (GRASS GIS) เนื่องจากมีพื้นฐานมาจากสมการการลุกลามของไฟด้วยสมการของรอเธอเมล (Rothermel) ที่เป็นที่ยอมรับและมีการใช้งานแพร่หลายในหลายระบบ

3.3 งานวิจัยด้านการระบุสิ่งปลูกสร้างจากภาพถ่ายจากดาวเทียม

ข้อมูลหลักคือภาพถ่ายทางอากาศและภาพถ่ายจากดาวเทียมในยุคแรกวิธีการระบุสิ่งปลูกสร้างใช้การแยกกลุ่มของจุดภาพ (pixel) เป็นสองกลุ่มคือ กลุ่มที่เป็นสิ่งปลูกสร้างและกลุ่มที่ไม่ใช่สิ่งปลูกสร้าง วิธีการนี้จะพิจารณาแค่จุดภาพแต่ละจุด โดยที่ไม่สนใจสภาพแวดล้อม ทำให้เกิดข้อจำกัดที่จุดภาพบางจุดมีขนาดเล็กมากกว่าวัสดุจริงมาก เนื่องจากข้อจำกัดนี้ จึงมีการพัฒนาอัลกอริทึมทำงานโดยการพิจารณากลุ่มของจุดภาพ แทนที่จะพิจารณาจุดภาพทีละจุด แม้วิธีการนี้จะดีขึ้นแต่ก็ยังไม่สามารถระบุขอบของวัตถุได้แม่นยำ เนื่องจากข้อมูลที่เก็บอยู่ในแต่ละจุดภาพคือข้อมูลความเข้มของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงคลื่นต่าง ๆ ที่สะท้อนออกมาจากวัสดุ แต่สิ่งปลูกสร้างบางชนิดเช่น หลังคาตึกอาคาร และถนนคอนกรีต อาจทำมาจากวัสดุชนิดเดียวกัน ทำให้ข้อมูลในจุดภาพที่เก็บมาค่าใกล้เคียงกัน และอาจถูกเข้าใจว่าเป็นวัสดุชนิดเดียวกัน ทำให้อัลกอริทึมชนิดนี้ไม่สามารถแยกความแตกต่างได้ดีนัก [22] ในปัจจุบันที่มีการใช้การเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) ได้รับความนิยมมากประมวลผลข้อมูลภาพ เช่น การตรวจจับสิ่งปลูกสร้าง (Building detection) ซึ่งเป็นการตรวจจับวัตถุ (Object detection) โดยที่วัตถุที่สนใจเป็นสิ่งปลูกสร้าง [23] ในการระบุสิ่งปลูกสร้างจากภาพถ่ายจากดาวเทียมมีชุดข้อมูล ที่สามารถนำมาใช้พัฒนาแบบจำลอง (model) แบบจำลองที่เป็นมาตรฐานในปัจจุบัน ได้แก่ เอฟซีเอน (fully convolutional network: FCN), เซคเน็ต (SegNet) [24], ยูเน็ต (U-net) วิธีการนี้สามารถให้ความแม่นยำมากกว่าวิธีการดั้งเดิม เนื่องจากการใช้การเรียนรู้จากข้อมูลนั้น ต่างจากสองวิธีการคือไม่จำเป็นต้องมีการกำหนดกฎที่ชัดเจนตั้งแต่แรกในการระบุสิ่งปลูกสร้าง แม้วิธีการนี้จะมีประสิทธิภาพสูงกว่าวิธีการดั้งเดิม แต่วิธีการนี้มีจุดอ่อนคือต้องการข้อมูลตัวอย่างจำนวนมากและต้องมีความหลากหลาย สำหรับงานวิจัยนี้ใช้แบบจำลองยูเน็ต (U-Net) ที่ได้รับการพัฒนาโครงสร้างโดยทดแทนส่วนเอนโคดเดอร์ (Encoder) ด้วยเรสเน็ต (ResNet) ได้ชื่อว่าอัลบูเน็ต (AlbuNet) สำหรับการพัฒนาการระบุสิ่งปลูกสร้าง (Building segmentation) สำหรับประเทศไทย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.4 งานวิจัยด้านการประเมินผลกระทบของการลุกลามของไฟป่าต่อพื้นที่ชุมชน

ในระบบสนับสนุนการเผชิญเหตุไฟป่ามีการประเมินความเสียหายที่จะเกิดขึ้นจากไฟป่าโดยใช้ข่ายงานเบย์ (Bayesian Network) [25] เป็นการประเมินความเสียหายจากไฟป่าที่จะเกิดกับบ้านเรือน โดยมีโครงสร้างของเครือข่ายของความน่าจะเป็นแบบมีเงื่อนไข (Conditional Probability) จากความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างข้อมูลที่เป็นปัจจัยของไฟป่า และบ้านเรือน เพื่อคำนวณความเสียหาที่อาจจะเกิดขึ้นกับพื้นที่ชุมชน วิธีการนี้มีข้อดีคือประเมินความเสียหายที่จะเกิดขึ้นโดยคำนึงถึงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลจากหลายแหล่ง แต่มีข้อจำกัดคือการคำนวณที่ซับซ้อน

งานวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาการประเมินอันตรายจากการลุกลามของไฟป่าต่อพื้นที่ชุมชน เพื่อสนับสนุนการวางแผนและนโยบายเพื่อการป้องกันผลกระทบจากไฟป่าเข้าสู่พื้นที่ชุมชนทำให้มีการประเมินผลกระทบ มีความสำคัญ [26] มีงานวิจัยหลายงานที่มุ่งพัฒนาการประเมินผลกระทบนี้สำหรับพื้นที่ในหลายประเทศ [27-29] องค์ประกอบหลักคือแบบจำลองการลุกลามของไฟป่า ฐานข้อมูลประชากร พื้นที่ชุมชน ข้อมูลสิ่งปลูกสร้างสาธารณะ เพื่อคำนวณความน่าจะเป็นที่พื้นที่ชุมชนจะได้รับผลกระทบจากการลุกลามของไฟป่า ตัวบ่งชี้สามารถนำไปใช้เพื่อวางแผนปฏิบัติงานในสถานการณ์จริงได้ การประเมินอันตรายจากไฟป่าต่อชุมชนสำหรับพื้นที่ในสหรัฐอเมริกาเสนอโดย [28] วิธีการที่ใช้เช่นเดียวกับงานอื่น คือการหาพื้นที่ร่วมระหว่างการลุกลามของไฟและพื้นที่ชุมชนจากข้อมูลที่จัดเก็บโดยรัฐ องค์ประกอบหลักของการประเมินผลกระทบจากไฟป่าต่อพื้นที่ชุมชนมีสองประการได้แก่ การทำนายการลุกลามของไฟป่า และแหล่งข้อมูลทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่ชุมชน

งานวิจัยหลายงานดังกล่าวใช้วิธีการเดียวกันคือการหาพื้นที่ร่วมกันระหว่างพื้นที่ที่มีแนวโน้มจะถูกเผาไหม้จากการทำนายการลุกลามของไฟป่า กับพื้นที่ชุมชน โดยข้อมูลพื้นที่ชุมชนวิธีการที่นิยมคือการใช้ข้อมูลที่จัดเก็บโดยหน่วยงานของรัฐข้อมูลชนิดนนี้แม้มีความน่าเชื่อถือและแม่นยำสูง แต่ข้อมูลอาจมีความล้าสมัยหลายปี งานวิจัยส่วนใหญ่จะใช้ข้อมูลพื้นที่ชุมชนชนิดนี้เป็นหลัก แต่ความเป็นจริงพื้นที่ชุมชนอาจมีการเปลี่ยนแปลงเร็วกว่าข้อมูลที่มี อาจทำให้การประเมินผลกระทบจากภัยไฟป่าคลาดเคลื่อนได้ นอกจากนี้งานวิจัยดังกล่าวไม่ได้พิจารณาการประเมินผลกระทบจากไฟปา ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแนวป้องกันไฟ ดังนั้นงานวิจัยนี้จะใช้แหล่งข้อมูลที่สามารถจัดเก็บได้ทันสมัยมากกว่าคือภาพถ่ายจากดาวเทียมเพื่อที่อาจจะสามารถได้ข้อมูลที่ไม่มีในฐานของรัฐ แต่อาจจะได้รับผลกระทบรุนแรง แต่ความท้าทายที่ตามมาคือจะระบุตำแหน่งของพื้นที่ชุมชนจากภาพถ่ายจากดาวเทียมได้อย่างไร งานวิจัยนี้ใช้การเรียนรู้ของเครื่องในการระบุพื้นที่ชุมชนจากภาพถ่ายจากดาวเทียม ร่วมกับข้อมูลจากโอเพนสทรีต (OpenStreetMap: OSM) [30] เพื่อระบุพื้นที่ชุมชนที่อาจเป็นเป็นอันตรายจากไฟป่า

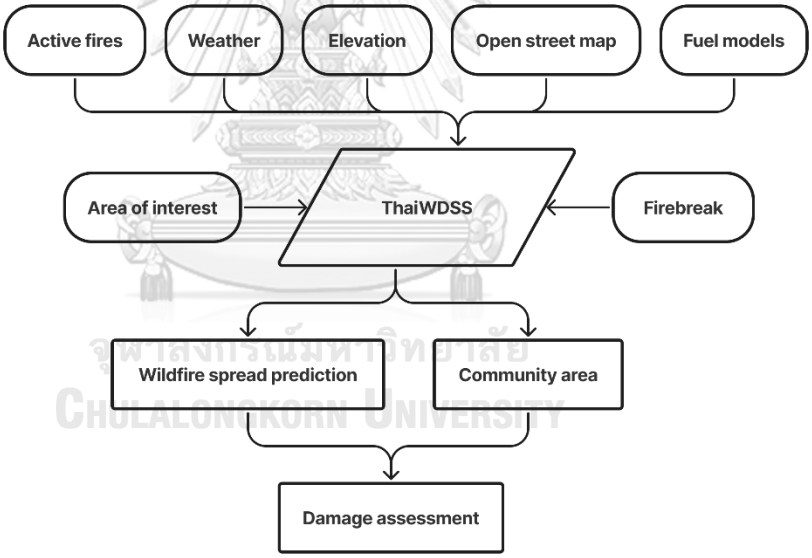
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 4 แนวคิดและวิธีการดำเนินงาน

หัวข้อแรกจะกล่าวถึงแนวคิดและวิธีการดำเนินงาน ในงานแต่ละส่วน ได้แก่ โครงสร้างของระบบ การจำลองการลุกลามของไฟป่า การระบุพื้นที่ชุมชน การประเมินผลกระทบต่อพื้นที่ชุมชน การประเมินผลกระทบหลังจากการป้องกัน การใช้งานระบบเบื้องต้น และการพัฒนาระบบโดยสังเขป

4.1 โครงสร้างของระบบ

โครงสร้างโดยรวมของระบบแสดงในภาพที่ 1 ในส่วนแรกเป็นข้อมูลขาเข้าของระบบได้แก่ พื้นที่ศึกษา ข้อมูลจุดความร้อนหรือตำแหน่งที่มีไฟป่าเกิดขึ้น ข้อมูลสภาพอากาศ ภูมิประเทศ ข้อมูลแบบจำลองชื้อเพลิง ปัญหาหลักที่ระบบนำเสนอการแก้ปัญหา ได้แก่ การจำลองการลุกลามของไฟป่า การระบุพื้นที่ชุมชน ผลลัพธ์จากทั้งสองส่วนจะถูกนำมาประเมินผลกระทบที่จะเกิดขึ้นจากการลุกลามของไฟป่าต่อพื้นที่ชุมชน ผลลัพธ์ทั้งสามจะนำไปประเมินผลกระทบร่วมกับการจำลองการป้องกันภัย เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจของผู้ใช้งาน



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพที่ 1 โครงสร้างของ ThaiWDSS

4.2 การจำลองการลุกลามของไฟป่า

การจำลองการลุกลามของไฟเลือกใช้โปรแกรมกราสจีไอเอส (GRASS GIS) ซึ่งพัฒนามาจากแบบจำลองการลุกลามของไฟของรอเธอเมล (Rothermel) ที่ได้รับการยอมรับและถูกใช้งานในหลายระบบ [15] โดยงานวิจัยนี้ให้ความหมายของไฟป่าคือ ไฟที่ลุกลามอย่างอิสระบนผิวดิน โดยปราศจากการควบคุม ไม่ว่าสาเหตุของไฟจะมาจากธรรมชาติหรือมนุษย์ จากนิยามนี้ทำให้ระบบที่พัฒนาในงานวิจัยนี้ครอบคลุมถึงไฟที่ลุกลามในป่า หรือไฟที่ลุกลามในพื้นที่เกษตรกรรมก็ได้ งานวิจัยนี้ไม่ครอบคลุมไฟชนิดอื่นเช่น ไฟเรือนยอด ไฟใต้ดิน ข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ได้แก่ข้อมูลจุดความร้อน ข้อมูลสภาพภูมิประเทศ ข้อมูลสภาพอากาศและข้อมูลแบบจำลองเชื้อเพลิง

4.2.1 ข้อมูลจุดความร้อน

ข้อมูลจุดความร้อนอาจได้มาจากหลายแหล่ง เช่น กล้องความร้อนบนดาวเทียม อากาศยานไร้คนขับ หรือการเก็บข้อมูลภาคสนาม ตัวอย่างการแสดงผลข้อมูลจุดความร้อนแสดงในภาพที่ 2 แต่เนื่องจากข้อมูลจุดความร้อนจากกล้องความร้อนบนดาวเทียม อาจมีความคลาดเคลื่อน จุดความร้อนนั้นอาจจะไม่ใช่ไฟป่าที่เป็นอันตราย อาจเป็นแหล่งความร้อนอื่นเช่น โรงงาน กองขยะ และความละเอียดอาจจะเป็นระดับ 1 ตารางกิโลเมตร ซึ่งจะไม่สามารถบอกตำแหน่งที่ชัดเจนได้ ทั้งนี้ผู้ใช้งานสามารถได้ข้อมูลจุดความร้อนจากแหล่งข้อมูลอื่น หรือระบุข้อมูลเองโดยในระบบที่นำเสนอนี้ไม่ได้ครอบคลุมการได้มาซึ่งข้อมูลจุดความร้อน แต่นำเสนอข้อมูลจุดความร้อนจากดาวเทียมมาแสดงในเบื้องต้น โดยเป็นข้อมูลจากเฟิร์ม (Fire Information for Resource Management System: FIRMS) ขององค์กรนาซา (NASA) [30] การค้นพบไฟป่าจริงอาจจะมีการลุกลามไปแล้วในระดับหนึ่ง ดังนั้นการระบุข้อมูลจุดความร้อน อาจระบุด้วยเวกเตอร์ (Vector) ของพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ไปแล้ว และทำการทำนายพื้นที่ที่จะมีแนวโน้มถูกเผาไหม้ต่อไป

ภาพที่ 2 ตัวอย่างข้อมูลจุดความร้อน

4.2.2 ข้อมูลสภาพอากาศ

ข้อมูลสภาพอากาศที่จำเป็นได้แก่ ความเร็วลม ทิศทางลม โดยที่ระบบจะนำข้อมูลจาก www.worldweatheronline.com [30] แต่ข้อมูลสภาพอากาศอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา และสถานีอุตุนิยมวิทยาที่ทำการวัดสภาพอากาศอาจมีข้อมูลที่แตกต่างจากสถานที่เกิดไฟป่า ดังนั้นผู้ใช้งานสามารถระบุหรือแก้ไขข้อมูลสภาพอากาศได้หากต้องการ

4.2.3 ข้อมูลสภาพภูมิประเทศ

สภาพความสูงต่ำของภูมิประเทศมีผลต่อการลุกลามของไฟป่า เช่นเดียวกับสภาพอากาศ แต่สภาพภูมิประเทศไม่มีการเปลี่ยนแปลงบ่อยเช่นเดียวกับสภาพอากาศ ระบบที่นำเสนอใช้ข้อมูลแบบจำลองระดับสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model: DEM) ผ่านกูเกิลเอิร์ธเอนจิน (Google Earth Engine: GEE) [31] ความละเอียด 1 อาร์ควินาที หรือ 30 เมตร โดยประมาณ

4.2.4 ข้อมูลแบบจำลองเชื้อเพลิง

ตัวกลางในการลุกลามของไฟป่าคือเชื้อเพลิงในพื้นที่ ดังนั้นแบบจำลองข้อมูลเชื้อเพลิงจึงเป็นตัวแปรที่ขาดไม่ได้สำหรับการทำนายการลุกลามของไฟป่า [4] ที่สามารถรองรับข้อมูลวัสดุได้หลายชนิดขึ้นอยู่กับว่ามีการทดลองเพื่อเก็บค่าตัวแปรที่ส่งผลต่อการลุกลามไว้หรือไม่ เช่น ลักษณะของทุ่งหญ้ามีความเผาไหม้ง่ายหรือไม่ โดยทั้งนี้ข้อมูลมาตรฐานที่ได้มีการทดลองแล้วในลักษณะของพื้นที่ในสหรัฐอเมริกา แบบจำลองเชื้อเพลง 13 ชนิดที่เสนอโดย [19] โดยลักษณะของเชื้อเพลิงในทางกายภาพจะถูกจำแนกออกเป็น 13 ชนิดแทนด้วยตัวเลข 1 ถึง 13 แสดงในตารางที่ 2 โดยข้อมูลนี้จำแนกลักษณะของเชื้อเพลิงในธรรมชาติโดยสังเขป

ตัวเลขแทนชนิดของเชื้อเพลิง	กลุ่มชนิดของเชื้อเพลิง
0	วัสดุที่ไม่ติดไฟ
1 - 3	ทุ่งหญ้า
4 - 7	ไม้พุ่ม
8 - 10	ไม้ซุง
11 -13	เศษไม้ซุง

ตารางที่ 2 แบบจำลองเชื้อเพลิง

ในแต่ละชนิดของแบบจำลองเชื้อเพลิงจะมีชุดตัวแปรมาตรฐานที่จะใช้ในการคำนวณการลุกลาม วัสดุที่ไม่ติดไฟ เช่น น้ำ พื้นดินว่างเปล่า จะแทนด้วยเลขที่ไม่อยู่ระหว่าง 1 ถึง 13 เช่นศูนย์ แสดงถึงทุกสิ่งที่ติดไฟไม่ได้ โดยรายละเอียดของแต่ละชนิดนั้นสามารถจำแนกได้เป็นสี่กลุ่มหลักได้แก่ ทุ่งหญ้า พุ่มไม้ ไม้ซุง และเศษไม้ซุง วัสดุที่นอกเหนือจากนี้ถือว่าเป็นวัสดุที่ติดไฟไม่ได้ ซึ่งรวมถึงแนวป้องกันไฟที่มีอยู่ในธรรมชาติหรือที่อาจจะถูกสร้างขึ้น ทั้งนี้แบบจำลองนี้เป็นข้อมูลลักษณะพืชในประเทศสหรัฐอเมริกา ทำให้การนำแบบจำลองการลุกลามของไฟมีข้อจำกัดในการนำมาปรับใช้ในประเทศไทย ที่ได้มีการจัดทำข้อมูลลักษณะนี้ไว้ งานวิจัยนี้จึงใช้ข้อมูลจากภาพถ่ายจากดาวเทียม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เพื่อจำแนกชนิดของพื้นที่ในเบื้องต้น ระบบใช้ข้อมูลสิ่งปกคลุมดินจากภาพถ่ายจากดาวเทียมในการเตรียมข้อมูลแบบจำลองเชื้อเพลิง ขั้นตอนการเตรียมข้อมูลแบบจำลองเชื้อเพลิงดังนี้

1) ดาวโหลดข้อมูลสิ่งปกคลุมดินจากกูเกิลเอิร์ธเอนจิน (Google earth engine)
2) แปลงเป็นข้อมูลแบบจำลองเชื้อเพลิง
3) นำเข้าข้อมูลแบบจำลองเชื้อเพลิงในการจำลองการลุกลามของไฟ

โดยเริ่มต้นจากข้อมูลขาเข้าคือพื้นที่ศึกษาจากผู้ใช้งาน แล้วระบบจะทำการดาวน์โหลดข้อมูลราสเตอร์ (Raster) ของสิ่งปกคลุมดิน ข้อมูลที่ใช้คือ Copernicus Global Land Cover Layers [32] ผ่านกูเกิลเอิร์ธ เอนจิน (Google earth engine) เป็นข้อมูลของสิ่งปกคลุมดินทั่วโลกจากภาพถ่ายจากดาวเทียมที่ความละเอียดเชิงพื้นที่ 100 เมตร โดยประมาณ ชุดข้อมูลนี้จำแนกแต่ละพื้นที่ ได้แก่ ป่า พื้นที่ว่างเปล่า ทุ่งหญ้า พื้นที่เพราะปลูก ไม้พุ่ม ต้นไม้ หิมะ เมือง น้ำ เป็นต้น ต่อจากนั้นทำการแปลงข้อมูลราสเตอร์ของสิ่งปกคลุมดินไปเป็นข้อมูลแบบจำลองเชื้อเพลิง รายละเอียดการแปลงข้อมูลแสดงในตารางที่ 3 เมื่อได้แบบจำลองเชื้อเพลิงแล้ว ข้อมูลนี้จะใช้เป็นข้อมูลสำคัญในการจำลองการลุกลามของไฟด้วยโปรแกรมกราสจีไอเอส (GRASS GIS) นอกจากนี้ การจำลองตำแหน่งการสร้างแนวป้องกันไฟ จะเป็นการแก้ไขข้อมูลนี้ ให้แทนด้วยวัสดุที่ไม่ติดไฟ ในตำแหน่งที่ต้องการ ข้อมูลสิ่งปกคลุมดินนี้จำแนกชนิดของวัสดุในธรรมชาติออกเป็นชนิดต่าง ๆ โดยสังเขปเพื่อให้เพียงพอต่อการทำนายการลุกลามของไฟป่า แต่มิได้ละเอียดถึงชนิดของพืชพรรณ ซึ่งจัดเก็บข้อมูลได้ยากในทางปฏิบัติ

ข้อมูลสิ่งปกคลุมดิน (Land cover)	แบบจำลองเชื้อเพลิง (Fuel model) จากตารางที่ 2
ไม่มีข้อมูล	3
พุ่มไม้	3
พืชสมุนไพร	6
พื้นที่เพาะปลูก	4
เมือง	5
พื้นดินว่างเปล่า	1
หิมะ น้ำแข็ง	0
น้ำ	0
หนอง บึง	0
พืช มอส เห็ดรา	6
ป่าปิด	6
ป่าเปิด	5
มหาสมุทร	0

ตารางที่ 3 สิ่งปกคลุมดินและแบบจำลองจำลองเชื้อเพลิง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.3 การระบุพื้นที่ชุมชม และสิ่งปลูกสร้าง

การระบุพื้นที่ชุมชม อาคาร สถานที่สำคัญ โรงเรียน วัด แหล่งท่องเที่ยว สถานที่ราชการ จะใช้ 2 วิธี ได้แก่ การระบุตำแหน่งบ้านเรือนจาก OSM และการระบุจากภาพถ่ายจากดาวเทียมด้วยการเรียนรู้เชิงลึก (Deep learning) วิธีการแรกมีข้อจำกัดคือข้อมูลอาจไม่ทันสมัย และไม่ครบถ้วน การใช้ฐานข้อมูลของรัฐก็ประสบกับข้อจำกัดนี้เช่นกัน นอกจากบ้านเรือนแล้วสิ่งปลูกสร้างบางอย่างที่มีผลต่อการลุกลามของไฟป่า เช่น ถนน ที่สามารถเป็นแนวป้องกันไฟที่มีอยู่แล้วได้ จะถูกใช้เป็นข้อมูลให้กับแบบจำลองเชื้อเพลิง (Fuel model) ที่แสดงถึงสิ่งที่ติดไฟไม่ได้ หรือแนวป้องกันไฟที่มีอยู่แล้ว และเวกเตอร์ (Vector) ซึ่งเป็นข้อมูลที่ระบุตำแหน่งบ้าน อาจจะไม่สามารถแยกแยะบ้านเรือนที่ใกล้กันมาก ๆ ได้ทำให้จำนวนบ้านเรือนน้อยกว่าที่ควรจะเป็น เพราะพื้นที่ชุมชนอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ตลอดและยากที่จะเก็บข้อมูลให้ทัน เพื่อเป็นการแก้ไขข้อจำกัดนี้การใช้ข้อมูลอื่นที่อาจช่วยการระบุตำแหน่งบ้านเรือนคือ ภาพถ่ายจากดาวเทียม ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีความรวดเร็ว อาจช้ากว่าความเป็นจริงไม่กี่วันขึ้นกับดาวเทียม วิธีการหนึ่งในการระบุตำแหน่งบ้านเรือนจากภาพถ่ายจากดาวเทียมคือ การเรียนรู้เชิงลึกด้วยภาพดาวเทียม แบบจำลองที่ใช้คืออัลบูเนต (AlbeNet) จากการทดลองพบว่าสามารถระบุบ้านเรื่อนได้ส่วนหนึ่งแต่ ไม่ทั้งหมดดังนั้นเพื่อให้การระบุบ้านเรือนดีขึ้นจึงมีการปรับปรุงให้สามารถทำงานได้ดียิ่งขึ้น

วิธีการระบุพื้นที่บ้านเรือนจากภาพถ่ายจากดาวเทียมด้วยการเรียนรู้เชิงลึก งานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลจากแผนที่บิง (Bing Maps) [43] ที่มีความละเอียดหลายระดับเป็นข้อมูลขาเข้า แบบจำลองและเครื่องมือที่เกี่ยวข้องนำมาจากโครงงานใน www.github.com/rodekruis/automated-building-detection (ABD) [30] ที่นำเสนอแบบจำลองการระบุพื้นที่อยู่อาศัยจากภาพถ่ายจากดาวเทียมที่ได้รับการพัฒนา (Pre-trained model) พร้อมทั้งการประมวลผลข้อมูลขาเข้าและขาออก เพื่อนำมาพัฒนาต่อ ทั้งนี้แบบจำลองยังไม่ได้รับการทดสอบประสิทธิภาพ และไม่ได้รับการพัฒนาด้วยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมของพื้นที่ในประเทศไทย ในงานวิจัยนี้จะใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียมที่มีความระเอียดหลายระดับเป็นข้อมูลขาเข้าของแบบจำลอง และผลลัพธ์ที่จากข้อมูลที่มีความละเอียดแต่ละระดับจะถูกนำมารวมกัน และรวมถึงข้อมูลจากแผนที่ OSM โดยสามารถเลือกนำเข้าข้อมูลสถานที่ชนิดต่างเข้ามาแสดงในระบบได้ เช่น โรงเรียน โรงพยาบาล สถานีตำรวจ เป็นต้น ทั้งนี้ผู้ใช้งานมีทางเลือกอื่นที่ดีกว่า ในการหาข้อมูลสถานที่สำคัญในท้องถิ่น

4.4 การประเมินผลกระทบของไฟป่าต่อพื้นที่ชุมชน

การประเมิรผลกระทบจากการลุกลามของไฟป่าต่อพื้นที่อยู่อาศัย ความท้าทายคือการคำนวณจำนวนบ้านเรือนและจำนวนประชาชนจาการระบุตำแหน่งบ้านเรือน หลังจากได้ข้อมูลเวกเตอร์ (Vector) ของตำแหน่งของบ้านเรื่อน ใช้วิธีการหาส่วนร่วมกันของเวกเตอร์ (Intersection) ของการลุกลามของไฟป่าในแต่ละชั่วโมง และเวกเตอร์ของบ้านเรือน ก็จะได้พื้นที่ที่จะได้รับผลกระทบ ประสิทธิภาพของการระบุตำแหน่งบ้านเรือนทั้งจากการเรียนรู้เชิงลึกและจาก OSM อาจจะมีความผิดพลาดได้ ทำให้ผลกระทบที่ประเมินได้มีความคลาดเคลื่อน

ในงานวิจัยอื่นอาจนิยามความหมายของคำว่า “ผลกระทบจากการลุกลามของไฟป่าต่อพื้นที่ชุมชน” ที่แตกต่างกัน นำไปสู่การพัฒนาวิธีการที่ใช้คำนวณผลกระทบที่แตกต่างกัน ในงานวิจัยนี้ผลกระทบดังกล่างคือ จำนวนบ้านเรือน สิ่งปลูกสร้างที่จะได้รับผลกระทบ โดยไม่ได้คำนึงถึงจำนวนของประชากรในพื้นที่ดังกล่าว ดังนั้นการพัฒนาระบบจึงใช้ข้อมูลสองประการได้แก่ พื้นที่เผาไหม้ทำนายและพื้นที่ชุมชนจาก OSM และแบบจำลองการเรียนรู้เชิงลึก ถ้าหากจำนวนประชากรได้ถูกนิยามเข้าไปในความหมายของผลกระทบ การพัฒนาวิธีการประเมิน ผลกระทบอาจต้องการข้อมูลมากขึ้นเช่น ข้อมูลจำนวนประชากรในชุมชนที่ได้รับผลกระทบ ทั้งนี้งานวิจัยนี้ไม่ครอบคลุมประการดังกล่าว

4.5 การประเมินผลกระทบหลังจากสร้างแนวป้องกันไฟ

ข้อมูลหลักที่ได้เบื้องต้นคือ การจำลองการลุกลามของไฟป่า จะเป็นข้อมูลเวกเตอร์ (Vector) ของพื้นที่ที่จะได้รับผลกระทบ ข้อมูลตำแหน่งบ้านเรือนในบริเวณใกล้เคียง และพื้นที่ที่จะได้รับผลกระทบ โดยข้อมูลแบบจำลองเชื้อเพลิงจะกำหนดขอบเขตของการลุกลามของไฟป่า เพื่อเป็นการป้องกันภัยจากไฟป่า เจ้าหน้าที่อาจทำได้วิธีการหนึ่งคือการสร้างแนวป้องกันไฟให้ทันกาล การสร้างแนวป้องกันไฟก็คือการทำให้วัสดุในพื้นที่ไม่เป็นตัวกลางในการลุกลามได้ นั้นคือการเปลี่ยนข้อมูลแบบจำลองเชื้อเพลิงจากวัสดุที่ติดไฟได้ไปเป็นวัสดุที่ติดไฟไม่ได้ แล้วทำการทำนายการลุกลามใหม่ด้วยข้อมูลที่แก้ไขแล้ว การทำนายด้วยโปรแกรมกราสจีไอเอส (GRASS GIS) ก็จะพิจารณาผลของแนวป้องกันไฟนั้น แม้การทำนายการลุกลามจะเปลี่ยนแปลงไป แต่การระบุบ้านเรือนยังเหมือนเดิม ขั้นตอนต่อไปคือการประเมินผลกระทบใหม่ ซึ่งจากการสร้างแนวป้องกันไฟนั้น ผลกระทบที่ลดลงจากการสร้างแนวป้องกันจะเป็นข้อมูลในการวางแผนเผชิญเหตุ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

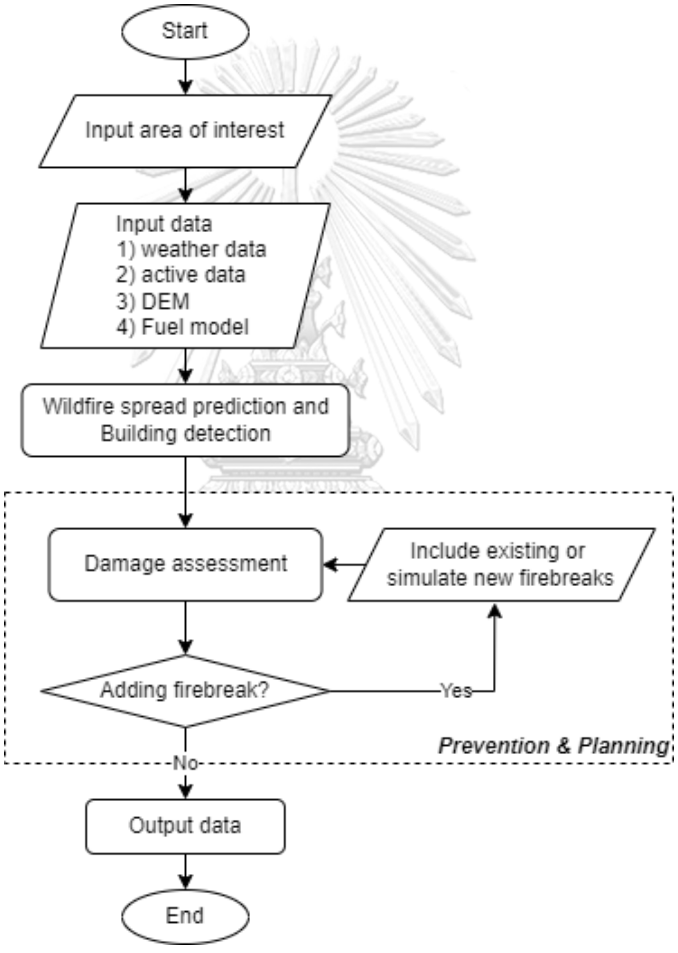
4.6 การใช้งานเบื้องต้น

ขั้นตอนการใช้งานแสดงในภาพที่ 3 การใช้งานเริ่มต้นผู้ใช้เริ่มต้นด้วยการระบุพื้นที่สนใจ อาจเป็นการระบุพื้นที่อำเภอที่ต้องการ หลังจากนั้นแผนที่จะแสดงพื้นที่ในบริเวณที่ต้องการ ข้อมูลแผนที่นี้แสดงด้วยข้อมูลจาก OSM นอกจากนี้ผู้ใช้งานต้องระบุข้อมูลจุดความร้อนและสภาพอากาศในพื้นที่เวลาที่ต้องการทำนายการลุกลาม โดยผู้ใช้งานสามารถเลือกว่าจะให้ระบบนำเข้าข้อมูลจากแหล่งข้อมูลสาธารณะ หรือผู้ใช้งานจะระบุข้อมูลเอง ทั้งนี้การได้มาซึ่งข้อมูลจุดความร้อนและสภาพอากาศ ผู้ใช้งานสามารถทำการวัดได้จากอุปกรณ์ต่าง ๆ แต่งานวิจัยนี้จะไม่ครอบคลุมวิธีการได้มาซึ่งข้อมูลดังกล่าว

เมื่อผู้ใช้ระบุข้อมูลเบื้องต้นแล้ว ขั้นตอนต่อมาระบบจะทำการดาวน์โหลดข้อมูลแบบจำลองระดับเชิงเลข (DEM) ผ่านกูเกิลเอิร์ธเอนจิน (Google Earth Engine) และไพธอนไรบรารี่ชื่อว่า “geemap” [33, 34] โดยที่ระบบจะทำการประมวลผลเอง และการเตรียมข้อมูลแบบจำลองเชื้อเพลิง ขั้นตอนนี้ระบบมีข้อมูลเพียงพอ ต่อไปผู้ใช้งานสามารถสั่งให้ระบบทำการจำลองการลุกลามของไฟป่า และการระบุพื้นที่ชุมชน และการประเมินผลกระทบผู้ใช้งานจะเห็นผลลัพธ์จากไฟต่อชุมชน โดยที่ไม่ได้ทำการป้องกัน หลังจากนี้ผู้ใช้งานอาจจำลองการสร้างแนวป้องกันไฟ หรือ

การแก้ไขแบบจำลองเชื้อเพลิง แล้วทำการทำนายการลุกลาม และประเมินผลกระทบใหม่ ผู้ใช้จะสามารถใช้ระบบตามขั้นตอนเหล่านี้เพื่อใช้ประกอบการวางแผนเผชิญเหตุได้

หนึ่งในขั้นตอนสำคัญคือการจำลองการสร้างแนวป้องกันไฟ ผู้ใช้งานสามารถทำได้โดยการใช้เครื่องมือที่ระบบมีให้ในการวาดรูปทรงโพลิกอน (polygon) เพื่อระบุตำแหน่งของแนวป้องกัน วิธีการวาดคือการเลือกจุดบนแผนที่ที่แสดงถึงลักษณะของรูปร่างของแนวป้องกัน โดยผู้ใช้งานสามารถเลือกระบุในตำแหน่งที่ต้องการป้องกันจริงได้ตามต้องการ โดยสามารถระบุกี่ตำแหน่งก็ได้ แล้วระบบจะเปลี่ยนบริเวณในรูปทรงให้เป็นวัสดุที่ไม่ติดไฟ



ภาพที่ 3 ขั้นตอนการใช้งาน ThaiWDSS

4.7 การพัฒนาระบบ

ในการพัฒนาระบบแบ่งงานออกเป็นสองส่วน ได้แก่ การพัฒนาโปรแกรมส่วนประสานกับผู้ใช้งาน (User interface) และการทำงานเบื้องหลัง โดยระบบทั้งหมดจะทำงานบนเว็บราวเซอร์ (Web browser) ผู้วิจัยพัฒนาระบบผ่านโคแลป colab.research.google.com ในเบื้องต้น เมื่อเสร็จสิ้นการพัฒนาและเมื่อจะนำไปใช้งานจริงจะใช้งานผ่านกูเกิลคราวแพรตฟอร์ม (Google Cloud Platform)

4.7.1 ส่วนประสานกับผู้ใช้งาน

ขั้นตอนแรกในการพัฒนาเริ่มต้นจากการออกแบบโครงร่างส่วนประสานกับผู้ใช้งาน ภาษาที่ใช้ในการพัฒนาในส่วนนี้คือจาวาสคริปต์ (Javascript) การแสดงผลแผนที่ใช้ “Leafletjs”จาก www.leafletjs.com [30] ซึ่งเป็นจาวาสคริปต์ไลบรารี่แบบโอเพนซอร์สสำหรับการพัฒนาแอปพริเคชันแผนที่

4.7.2 การจำลองการลุกลามของไฟป่า และการประเมินผลกระทบ

ภาษาที่ใช้ในการพัฒนาส่วนคือไพธอน (Python) โดยใช้โปรแกรมกราสจีไอเอส (GRASS GIS) ได้มีการพัฒนาการจำลองการลุกลามของไฟรองรับภาษาไพธอน การนำเข้า และประมวลผลข้อมูลบางส่วนจะใช้งานผ่านกูเกิลเอิร์ธ เอนจินเอพีไอ (Google Earth Engine) โดยการดาวโหลดข้อมูลจะทำผ่านคราวสตอเรจ (Cloud Storage) ของกูเกิลคราวแพรตฟอร์ม (Google Cloud Platform)

4.7.3 การระบุพื้นที่ชุมชนด้วยการเรียนรู้เชิงลึก

แบบจำลองการเรียนรู้เชิงลึก ABD ใช้แบบจำลองชื่อว่าอัลบูเน็ต (AlbuNet) ซึ่งเป็นแบบจำลองยูเน็ต (U-net) แบบหนึ่ง งานวิจัยนี้เลือกโครงงานนี้มาเพื่อพัฒนาต่อด้วยหลายสาเหตุ ดังนี้ ในโครงงานนี้ได้พัฒนาโปรแกรมสำหรับช่วยในการพัฒนาโครงต่อได้เช่น การดาวน์โหลดข้อมูลรูปภาพจากแผนที่บิง (Bing Maps) การเรียงลำดับข้อมูล (เนื่องจากข้อมูลแผนที่อาจมีขนาดเล็กกว่าพื้นที่ศึกษา ดังนั้นจำเป็นต้องมีการเรียงลำดับแผนที่ย่อย ให้ครอบคลุมพื้นที่ศึกษาทั้งหมด ซึ่งงานวิจัยนี้จะไม่ครอบคลุมการแก้ปัญหาในส่วนนี้) เพื่อนำมาเป็นข้อมูลขาเข้า มีโปรแกรมช่วยในการพัฒนาแบบจำลอง มีโปรแกรมช่วยในการดึงข้อมูลจาก OSM เพื่อนำมาแสดงผลร่วมกับผลลัพธ์จากการเรียนรู้เชิงลึก และมีโปรแกรมช่วยในการแปลงผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองการเรียนรู้เชิงลึก ไปเป็นข้อมูลเวกเตอร์

4.7.4 การประเมินผลกระทบ

เนื่องจากผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองการลุกลามของไฟป่า และการระบุสิ่งปลูกสร้าง จะเป็นข้อมูลเวกเตอร์ที่แสดงพื้นที่ในแผนที่ การประเมินผลกระทบจะใช้การหาพื้นที่ที่ซ้อนทับกันของชุดข้อมูลทั้งสองนี้ แสดงถึงพื้นที่ชุมชนที่จะได้รับผลกระทบ

บทที่ 5 ผลลัพธ์

ในบทนี้กล่าวถึงผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิจัยนี้ประกอบด้วย รายละเอียดของพื้นที่ศึกษา ผลการพัฒนาระบบ ผลการทดลองใช้งานระบบ และผลการประเมินการจำลองการลุกลามของไฟป่า โดยทางผู้วิจัยได้ตั้งชื่อระบบที่พัฒนาในงานวิจัยนี้ว่าไทยดับเบิ้ลยูดีเอสเอส (Thai Wildfire Prevention Decision Support System: ThaiWDSS)

5.1 พื้นที่ศึกษา

งานวิจัยนี้ใช้พื้นที่ศึกษาสองแห่งซึ่งเคยเกิดเหตุการณ์ไฟป่าในพื้นที่ป่าใกล้กับแหล่งชุมชน พื้นที่ศึกษาที่หนึ่งอยู่คือ อำเภอเมืองนครนายก จังหวัดนครนายก ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563 เกิดเหตุการณ์ไฟป่าลุกลามจากจังหวัดสระบุรี ตั้งแต่วันที่ 18 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563 และลุกลามเข้าสู่แนวเขตพื้นที่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ จังหวัดนครนายก และพื้นที่ศึกษาที่สองอยู่ในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ บนภูเขา บริเวณบ้านศาลา ตำบลสะเมิง อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ ช่วงปลายเดือนมีนาคม 2564 ภูมิประเทศเป็นภูเขาสูงและผาหินทำให้ยากต่อการปฏิบัติการป้องกันไฟ เหตุการณ์ส่งผลให้เกิดปัญหาหมอกควันปกคลุมชุมชนเมืองในจังหวัดเชียงใหม่

ข้อมูลเบื้องต้นของแต่ละพื้นที่ศึกษาสรุปในตารางที่ 4 ข้อมูลจุดความร้อนสำหรับการทำนายการลุกลามของไฟได้จากเฟิร์ม (FIRMS) เนื่องจากไม่มีข้อมูลจุดความร้อนจริง จึงใช้แหล่งข้อมูลจากดาวเทียม โดยใช้ข้อมูลวันก่อนและหลังเกิดไฟให้มากที่สุดเท่าที่จะมีข้อมูลเพื่อให้ ทั้งนี้เนื่องจากธรรมชาติการโคจรของดาวเทียม ทำให้ภาพเหนือพื้นที่ศึกษา ทั้งก่อนและหลังของเหตุการณ์ไฟป่ามีอาจจะมีระยะเวลาห่างกันหลายวัน ในพื้นที่ศึกษาที่หนึ่ง ภาพก่อนไฟเป็นภาพจากดาวเทียมแลนแซท (Landsat) ภาพหลังไฟเป็นภาพจากดาวเทียมเซนทิเนล (Sentinel) ซึ่งห่างกัน 1 วัน ทำให้ระยะเวลาของภาพก่อนและหลังมีความใกล้กันกว่าพื้นที่ศึกษาที่ 2 ซึ่งเหตุการณ์ไฟป่าเกิดในช่วงที่ดาวเทียมแลนแซท (Landsat) ไม่ได้โคจรผ่านเข้ามา ระยะห่างระหว่างภาพก่อนและหลังจึงห่างกันประมาณ 5 วัน การใช้ข้อมูลจุดกำเนิดไฟจากภาพถ่ายจากดาวเทียมมีข้อจำกัดในเรื่องของความละเอียด เนื่องจากอุปกรณ์ตรวจวัดความร้อนมีความละเอียดเชิงพื้นที่ (spatial resolution) ประมาณ 300-1000 เมตร โดยข้อมูลจุดความร้อนจะแสดงที่พิกัดกึ่งกลางของพื้นที่ที่อยู่ในขอบเขตของการตรวจจับความร้อน ซึ่งพิกัดดังกล่าว อาจจะไม่ตรงกับตำแหน่งของจุดกำเนิดไฟจริง หรือจุดกำเนิดไฟอาจจะไม่ได้มีแค่แหล่งเดียวในพื้นที่ที่เดียวกัน หรือแหล่งความร้อนดังกล่าวอาจจะมิใช่ไฟป่า อาจจะเป็นแหล่งความร้อนอื่น ๆ เช่น โรงงาน กองขยะ แม้ข้อมูลจากดาวเทียมจะมีข้อจำกัดดังกล่าว แต่สามารถใช้ทดแทนการเก็บข้อมูลภาคสนามได้ ดังนั้นข้อมูลชนิดนนี้เหมาะกับพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่จนทำให้การเก็บข้อมูลภาคสนามทำได้ยาก นอกจากความละเอียดเชิงพื้นที่ ข้อมูลชนิดนี้มีความละเอียดเชิงเวลา (temporal resolution) คือระยะเวลาที่ดาวเทียมใช้ในการโคจรมาเหนือพื้นที่เดิม

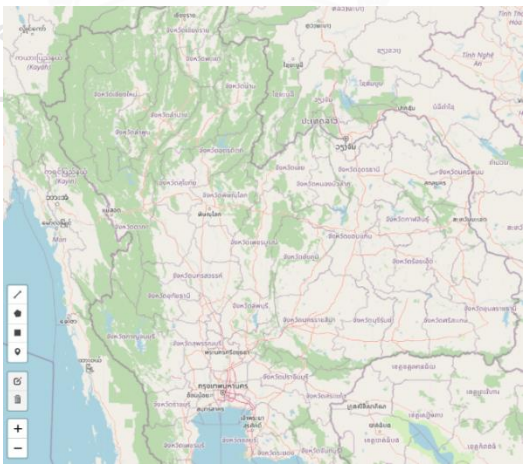
นอกจากนี้ยังขาดข้อมูลสภาพอากาศในสถานที่เกิดเหตุ ดังนั้นงานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลสภาพอากาศจาก www.worldweatheronline.com แต่ข้อมูลที่ได้ไม่สามารถบอกได้ว่าอยู่ห่างสถานที่เกิดเหตุเพียงใด นอกจากนี้ข้อมูลสภาพอากาศอาจเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา

พื้นที่ศึกษา	1	2
ขนาดพื้นที่ (ตารางกิโลเมตร)	6.4	1.4
วันที่ของข้อมูลภาพก่อนไฟ	19/2/2020	25/3/2021
วันที่ของข้อมูลภาพหลังไฟ	21/2/2020	30/2/2021
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	30	33
ความชื้น (%)	40	41
ความเร็วลม (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)	13	4
ทิศทางลม (องศาตามเข็มนาฬิกาจากทิศเหนือ)	102	211

ตารางที่ 4 ข้อมูลพื้นที่ศึกษา

5.2 ผลการพัฒนาระบบ

ระบบที่ได้รับการพัฒนาแล้วมีโครงสร้างแบ่งเป็นสองส่วนคือ front-end และ back-end ในส่วนแรกเป็นส่วนประสารงานกับผู้ใช้งานซึ่งแบ่งออกเป็นสองส่วนได้แก่ ส่วนของแผนที่ใช้รับและแสดงข้อมูล โดยสามารถแสดงข้อมูลตำแหน่งของวัตถุได้ด้วยโครงสร้างข้อมูลแบบเวกเตอร์ เช่น ตำแหน่งของบ้านเรือน พื้นเผาไหม้ ตำแหน่งของจุดความร้อนเป็นต้น โดยมีเครื่องมือสำหรับการวางรูปทรงเวกเตอร์บนแผนที่ในการระบุข้อมูลได้ เช่นการระบุตำแหน่งของจุดความร้อน การระบุตำแหน่งแนวป้องกันไฟ แสดงในภาพที่ 4 ส่วนที่สองของ front-end คือส่วนของการควบคุมระบบได้แก่ การระบุข้อมูล และส่วนระบุคำสั่งเริ่มต้นการใช้งานระบบ ได้แก่ การเริ่มต้นทำนายการลุกลามของไฟป่า การเริ่มต้นระบุพื้นที่ชุมชน และการประเมินผลกระทบ แสดงในภาพที่ 5



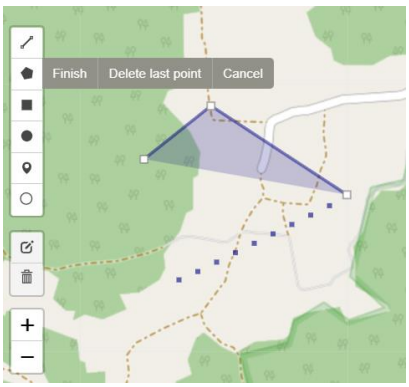
ภาพที่ 4 Front-end ส่วนแผนที่

ภาพที่ 5 Front-end ส่วนควบคุมการใช้งานระบบ

การใช้งานเริ่มต้นจะแสดงแผนที่ประเทศไทย ขั้นตอนแรกเมื่อผู้ใช้งานระบุพื้นที่ที่สนใจ โดยการระบุจังหวัด อำเภอ ระบบจะใช้ข้อมูลจาก OSM ในการระบุพื้นที่จากคำที่ระบุ หรือผู้ใช่งานอาจระบุพิกัดของพื้นที่เองได้ หลังจากนั้นระบบจะสร้างกรอบพื้นที่ประมาณ 4 ตารางกิโลเมตร สำหรับการทำงานในบริเวณที่ระบุแสดงในภาพที่ 6 หลังจากนั้นผู้ใช้งานทำการระบุข้อมูลสภาพอากาศได้แก่ ความเร็วลมในหน่วยกิโลเมตรต่อชั่วโมง และทิศทางลมในหน่วยองศาจากทิศเหนือตามเข็มนาฬิกา โดยระบบสามารถนำเข้าข้อมูลได้เอง แต่ถ้าหากผู้ใช้งานต้องการแก้ไขก็สามารถทำได้ ทั้งนี้ข้อมูลนี้จะใช้ร่วมกันทุกจุดในพื้นที่ที่สนใจ ไม่สามารถระบุข้อมูลเฉพาะจุดใดจุดหนึ่งได้ เป็นข้อจำกัดหนึ่งของระบบ ที่สามารถนำไปพัฒนาต่อได้ ข้อมูลถัดไปคือจุดกำเนิดไฟ ซึ่งผู้ใช้งานสามารถเลือกนำเข้าจากเฟิร์ม (FIRM) โดยการกด “นำเข้าข้อมูลจุดความร้อนจาก FIRMS” หรือระบุเองได้โดยการวาดรูปทรงบนแผนที่แล้วกด “ยืนยันข้อมูลจุดความร้อน” ขั้นตอนนี้ผู้ใช้งานสามารถทำการสั่งให้ระบบเริ่มทำการจำลองการลุกลามของไฟป่าและการระบุพื้นที่ชุมชนได้ ได้โดยกดที่ปุ่ม “การลุกลามของไฟ” และ “พื้นที่ชุมชน” โดยการทำนายการลุกลามของไฟผู้ใช้งานสามารถเลือกช่วงเวลาการทำนายได้ ว่าต้องให้ผลลัพธ์แสดงโพลิกอนของพื้นที่เผาไหม้เวลาเท่าใดนับตั้งแต่จุดกำเนิดไฟ หลังจากนั้นขั้นตอนต่อไปเป็นการประเมินผลกระทบด้วยปุ่ม “ประเมินผลกระทบ” ระบบจะระบุพื้นที่ซ้อนทับกับพื้นที่เผาไหม้ แล้วแสดงผล ถ้าผู้ใช้งานต้องการจำลองการป้องกันภัยด้วยแนวป้องกันไฟต่างๆ สามารถทำได้โดยวาดเวกเตอร์ของแนวป้องกันไฟตามตัวอย่างภาพที่ 7 แล้วยืนยันข้อมูลด้วยปุ่ม “ยืนยันข้อมูลแนวป้องกันไฟ” แล้วทำการเริ่มต้นทำนายการลุกลามของไฟป่า และการประเมินผลกระทบได้อีกครั้งโดยไม่จำเป็นต้องทำการระบุพื้นที่ชุมชนอีกครั้ง เนื่องจากไม่มีการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพที่ 6 กรอบพื้นที่สำหรับการใช้งานระบบ



ภาพที่ 7 ตัวอย่างการวาดรูปทรงบนแผนที่

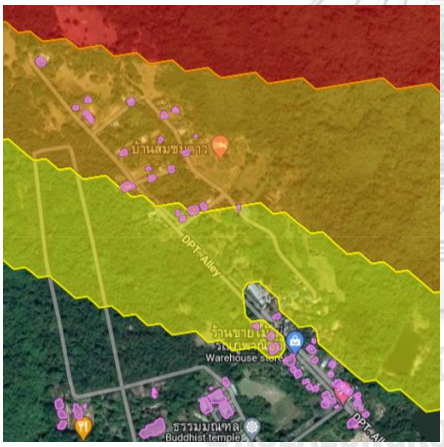
5.3 ผลการทดลองใช้งานระบบ

สภาพอากาศสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา แต่แบบจำลองการทำนายการลุกลามของไฟป่าไม่รองรับการทำนายในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล ดังนั้นการทำนายพื้นที่ลุกลามในเวลาที่นานขึ้นจะมีความแม่นยำลดลงเนื่องจากโอกาสที่สภาพอากาศจะเปลี่ยนแปลงมีมากขึ้น แม้จะมีข้อมูลจาก www.worldweatheronline.com แต่ข้อจำกัดดังกล่าวในหัวข้อที่ 5.1 ในการทดลองในภาพที่ 8 ถึง 11 แสดงผลการทดลองใช้งานระบบในพื้นที่ศึกษาทั้งสอง โดยเริ่มต้นพื้นที่ศึกษาที่ 1 ทำนายการลุกลามของไฟป่า และพื้นที่ชุมชน ไม่มีการป้องกันใดๆ ในภาพที่ 8 และ 10 พื้นที่สีแดง สีส้ม และสีเหลือง แสดงการลุกลามของไฟในเวลา 8, 16, และ 24 ชั่วโมง ตามลำดับ นับแต่จุดความร้อนเริ่มต้น สิ่งปลูกสร้างบ้านเรือนแสดงด้วยเวกเตอร์สีชมพู จะพบว่าพื้นที่บ้านเรือนดังกล่าวกำลังตกอยู่ในทิศทางการลุกลามของไฟป่าในบริเวณสีส้ม แสดงว่าระบบเชื่อว่าพื้นที่ดังกล่าวจะได้รับผลกระทบใน 16 ชั่วโมง ผู้ใช้งานอาจคาดกาลว่าถ้าหากป้องกันพื้นที่ดังกล่าวในเวลาที่เหลืออยู่ จะสามารถป้องกันผลกระทบได้ ทั้งนี้ในภาพจะมีถนนด้วย ซึ่งโดยธรรมชาติสามารถเป็นแนวป้องกันไฟได้แต่ข้อมูลจาก OSM ไม่มีข้อมูลถนนในบริเวณดังกล่าว ทำให้พื้นที่การลุกลามของไฟป่าสามารถข้ามถนนมาได้ ขั้นตอนต่อไปเป็นการจำลองการป้องกันภัย ผู้ใช้งานระบบทำการลากเส้นแนวป้องกันไฟรอบพื้นที่ชุมชนในภาพที่ 9 และทำการทำนายการลุกลามใหม่จะพบว่าพื้นที่ชุมชนดังกล่าวไม่อยู่ในพื้นที่เผาไหม้เนื่องจาก ในภาพที่ 9 และ 11 แนวป้องกันไฟจำลองตำแหน่งด้วยเส้นสีฟ้า โดยจำลองว่าเป็นการสร้างแนวป้องกันล้อมรอบชุมชน ซึ่งในความเป็นจริงการสร้างนั้นอาจจะสร้างเฉพาะในตำแหน่งที่สะดวกต่อการปฏิบัติหน้าที่ อาจจะไม่ได้มีรูปร่างเป็นเส้นที่มีความยาวดังในรูป แต่อาจจะมีลักษณะเป็นพื้นที่ว่างเปล่าเล็กในบริเวณบ้านเรือนบางหลัง ซึ่งอาจจะปรากฏเป็นจุดเล็ก ๆ ในแผนที่ ในหัวข้อนี้จึงเลือกการระบุแนวป้องกันไฟด้วยเส้นเพื่อสื่อถึงตำแหน่งของแนวป้องกันไฟโดยสังเขป แนวป้องกันไฟทำให้ไฟไม่สามารถลุกลามเข้ามาได้ ทั้งนี้รูปร่างลักษณะของแนวป้องกันไฟอาจมีความไม่สมจริง ซึ่งในความเป็นจริง แนวป้องกันไฟ อาจจะถูกสร้างในบริเวณเล็ก ๆ ที่สำคัญและใช้เวลาน้อย ในพื้นที่ศึกษาที่ 2 ภาพที่ 10 พื้นที่ชุมชนกำลังอยู่ในพื้นเผาไหม้เช่นเดียวกันเมื่อทำการป้องกันแล้ว ผลลัพธ์แสดงในภาพที่ 11 พบว่าพื้นที่ชุมชนปลอดภัยจากการ

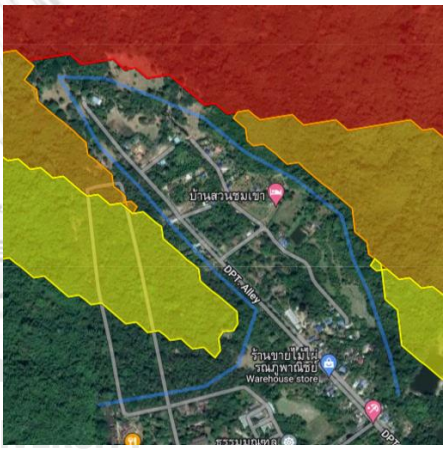
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ลุกลามของไฟป่า ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าระบบสามารถช่วยวางแผนการสร้างแนวป้องกันไฟได้โดยผู้ใช้งานอาจเลือกการป้องกันในหลายลักษณะเพื่อทำการเปรียบเทียบก่อนการตัดสินใจจริง

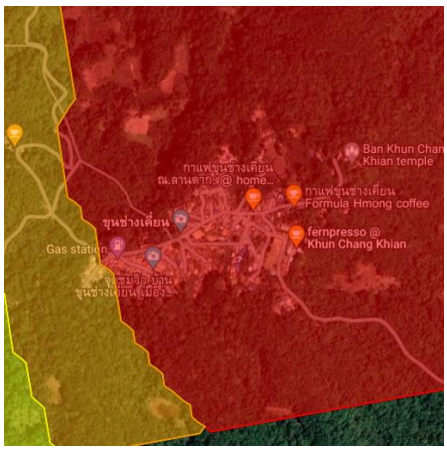
การจำลองตำแหน่งแนวป้องกันไฟในระบบที่มีลักษณะเป็นเส้น หรือพื้นที่ที่เล็กมากๆ อาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำลองการลุกลามของไฟป่า เนื่องจากข้อมูลแบบจำลองเชื่อเพลิงเป็นข้อมูลราสเตอร์ที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่ (spatial resolution) ของแต่ละจุดภาพ (pixel) คงที่ ในระบบนี้ความละเอียดประมาณ 300 เมตร ซึ่งเป็นความละเอียดของข้อมูลสิ่งปกคลุมดิน (Land cover) ในขณะที่แนวป้องกันไฟมีลักษณะคล้ายถนนที่มีความกว้างประมาณ 2-5 เมตร แตกต่างจากความละเอียดจุดภาพของข้อมูลแบบจำลองเชื้อเพลิงมาก ส่งผลให้การจำลองการสร้างแนวป้องกันไฟที่สมจริงมากๆ มีขนาดเล็กมาก จะทำให้ระบบมองข้ามจุดดังกล่าวในข้อมูลแบบจำลองเชื้อเสมือนว่าไม่มีแนวป้องกันไฟจุดนั้น ข้อจำกัดประการนี้อาจสามารถพัฒนาต่อได้โดยการเพิ่มความละเอียดของข้อมูลแบบจำลองเชื้อเพลิง หรือการเพิ่มขนาดของแนวป้องกันไฟ ให้ใหญ่กว่าความจริงเพื่อใช้ในการจำลอง



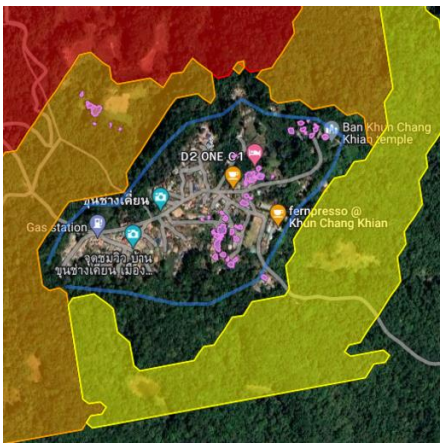
ภาพที่ 8 พื้นที่ศึกษาที่ 1 ไม่มีการป้องกัน



ภาพที่ 9 พื้นที่ศึกษาที่ 1 มีการป้องกัน

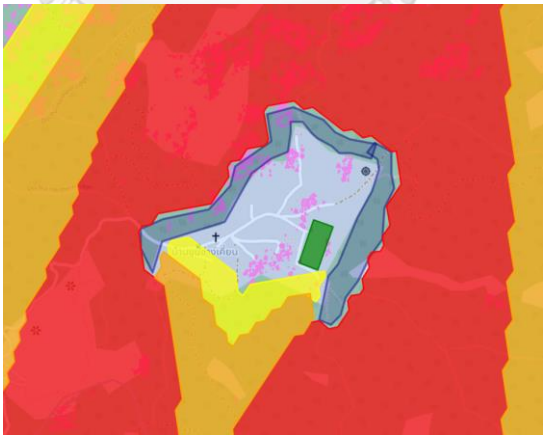


ภาพที่ 10 พื้นที่ศึกษาที่ 2 ไม่มีการป้องกัน



ภาพที่ 11 พื้นที่ศึกษาที่ 2 มีการป้องกัน

ในภาพที่ 12 แสดงตัวอย่างการใช้งานระบบในการวางแผนการป้องกัน พื้นที่เผาไหม้แสดงในโพลิกอนสีแดง สีส้ม และสีเหลือง พื้นที่ชุมชนแสดงด้วยโพลิกอนสีชมพู โพลิกอนสีเขียวแสดงสถานที่สำคัญจาก OSM รูปทรงของแนวป้องกันไฟแสดงการวาดโดยผู้ใช้งานที่จำลองการป้องกัน หลังจากการป้องกันไฟ พื้นที่สีเขียวไม่ได้รับผลกระทบจากการลุกลามของไฟป่า



ภาพที่ 12 ตัวอย่างการใช้งานระบบในการวางแผนการป้องกัน

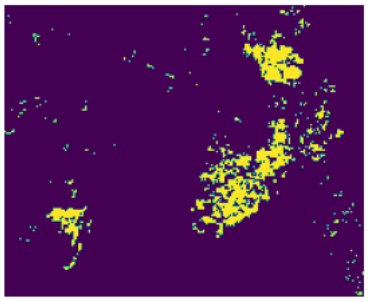
5.4 ผลการประเมินแบบจำลองการลุกลามของไฟป่า

หัวข้อนี้นำเสนอการประเมินแบบจำลองการลุกลามของไฟป่า ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของไทยดับเบิ้ลยูดีเอสเอส (ThaiWDSS) โดยสถานการณ์ที่นำมาเป็นกรณีศึกษาเป็นการวางแผนป้องกัน การลุกลามของไฟป่าจากไฟป่าที่กำลังเผาไหม้ ก่อนที่จะลุกลามสร้างความเสียหายต่อชุมชนใกล้เคียง เริ่มต้นโดยการเตรียมข้อมูลพื้นที่เผาไหม้สำหรับอ้างอิงโดยใช้วิธีที่อธิบายในหัวข้อทฤษฎีที่เกี่ยวข้องหัวที่ 2.2 แล้วเปรียบเทียบกับพื้นที่เผาไหม้ทำนาย

ข้อมูลส่วนแรกคือพื้นที่เผาไหม้อ้างอิง ซึ่งได้จากการประมวลค่า dNBR จากภาพถ่ายจากดาวเทียมก่อนและหลังไฟป่าในแต่ละพื้นที่ศึกษา 1 และ 2 แสดงในภาพที่ 13 ถึง 16 จากภาพที่ 13 จะพบว่าพื้นที่การเผาไหม้จากค่า dNBR ในพื้นที่ศึกษาที่ 1 ปรากฏพื้นที่เผาไหม้มากกว่าพื้นที่ศึกษาที่ 2 ในภาพที่ 15 พื้นที่ศึกษาที่ 1 มีแนวโน้มของพื้นที่เผาไหม้ที่ค่อนข้างชัดเจน ในขณะที่พื้นที่ศึกษาที่ 2 มีความกระจัดกระจายไม่มีแนวโน้มพื้นที่เผาไหม้ชัดเจน ทั้งนี้อาจเกิดจากสาเหตุที่ว่าภาพถ่ายจากดาวเทียมก่อนและหลังเหตุการณ์ไฟป่าในพื้นที่ศึกษาแรกนั้นห่างกันเพียงสองวันรายละเอียดในหัวข้อที่ 5.1 ในขณะที่พื้นที่ศึกษาที่ 2 ห่างกันประมาณ 5 วัน ค่าดัชนีบ่งชี้การเผาไหม้จึงอาจคลาดเคลื่อนไปมาก พื้นที่เผาไหม้บางส่วนอาจมีอุณภูมิลดลงแล้ว ทั้งนี้ข้อจำกัดในการได้ข้อมูลพื้นที่เผาไหม้มานานมีหลายประการ การไม่มีข้อมูลพื้นที่เผาไหม้จริง ๆ ข้อมูลสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงไประหว่างการเกิดการลุกลามของไฟป่า นอกจากนี้ในการทดลองระบบผู้วิจัยจะไม่ใช้อิทธิพลของลม และใช้ความชื้นคงที่ที่ร้อยละ 20

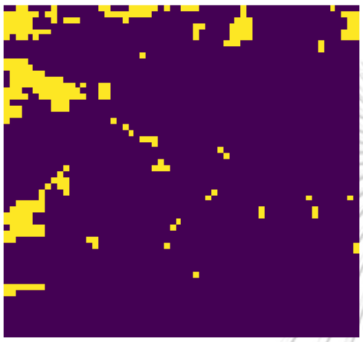
ในภาพที่ 14 แสดงผลการทำนายพื้นที่เผาไหม้ ในภาพจะพบว่าพื้นที่เผาไหม้เกิดขึ้นสองแห่งด้านขวาบนและซ้ายล่างของภาพ พื้นที่เผาไหม้ด้านขวาบนนั้นมีจุดความร้อนเริ่มต้นจากข้อมูลของเฟิร์ม (FIRM) ซึ่งมีข้อมูลในบริเวณเดียวกับภาพที่ 13 การทำนายการลุกลามมีลักษณะคล้ายกัน แต่พื้นที่เผาไหม้ในตำแหน่งซ้ายล่างของภาพที่ 14 ไม่ได้มีข้อมูลจุดความร้อนในตำแหน่งนั้นจากเฟิร์ม อาจจะเกิดจากหลายสาเหตุ เช่น บริเวณนั้นอาจจะไม่อยู่ในขอบเขตของกล้องความร้อนเป็นดาวเทียม เป็นต้น ผู้วิจัยจึงทำการทดลองเพิ่มจุดความร้อนเริ่มต้นในบริเวณนั้นเองเพื่อจำลองแนวโน้มการลุกลาม ถ้าหากมีข้อมูล ผลปรากฏว่าพื้นที่เผาไหม้ที่ทำนายมีความคล้ายกับพื้นที่เผาไหม้อ้างอิง การเพิ่มข้อมูลจุดความร้อนทดลองนี้ได้ทำเช่นกันในพื้นที่ศึกษาที่ 2 แสดงในภาพที่ 16 เนื่องจากไม่มีข้อมูลจุดความร้อนในพื้นที่ดังกล่าวเลย ทำให้ไม่สามารถจำลองการลุกลามได้ จากการทดลองนี้ทำพบว่าข้อมูลจุดความร้อนเริ่มต้นก่อนการทำนายนั้นมีความสำคัญมาก เป็นข้อมูลที่จะกำหนดประสิทธิภาพในการใช้งานระบบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

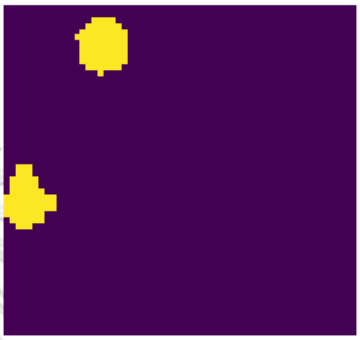


ภาพที่ 13 พื้นที่ศึกษาที่ 1 พื้นเผาไหม้อ้างอิง

ภาพที่ 14 พื้นที่ศึกษาที่ 1 พื้นที่เผาไหม้ทำนาย



ภาพที่ 15 พื้นที่ศึกษาที่ 2 พื้นเผาไหม้อ้างอิง



ภาพที่ 16 พื้นที่ศึกษาที่ 2 พื้นที่เผาไหม้ทำนาย

แบบจำลองการลุกลามของไฟป่ายังไม่รองรับการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ ผลการทำนายจะอยู่บนสมมติฐานที่ว่าข้อมูลขาเข้าไม่มีการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นการทำนายการลุกลามของไฟป่าในช่วงเวลาที่นานขึ้นอาจทำให้ความน่าเชื่อถือลดลง ตัวอย่างเช่น พื้นที่เผาไหม้ทำนายในช่วงเวลา 3 ชั่วโมง มีความน่าเชื่อถือมากกว่า 1 ชั่วโมง เนื่องจากระยะเวลา 3 ชั่วโมง มีความน่าจะเป็นที่สภาพอากาศจะเปลี่ยนแปลงได้มากกว่า การประเมินในหัวข้อนี้จึงอยู่บนสมมติฐานที่ว่าสภาพอากาศไม่เปลี่ยนแปลง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

พื้นที่ศึกษา	1	2
Sensitivity	0.095	0.243
Specificity	0.966	0.908
Precision	0.191	0.152
Accuracy	0.898	0.865

ตารางที่ 5 ผลการประเมินประสิทธิภาพการจำลองการลุกลามของไฟป่า

การประเมินแบบทำนายการลุกลามด้วยคอนฟิวชั่นเมทริกซ์ (Confusion matrix) โดยเปรียบเทียบการทำนายช่วงเวลาการลุกลาม แสดงในตารางที่ 5 ผลการประเมินค่า Accuracy แม้จะมีค่าสูง จะทั้งนี้ค่า Sensitivity และ Precision มีค่าต่ำ สาเหตุเนื่องจาก ปริมาณจุดภาพที่แทนการลุกไหม้นั้น มีจำนวนน้อยกว่าจุดภาพที่แทนพื้นที่ที่ไม่เผาไหม้อย่างมาก ทำให้เกิดความไม้สมดุลระหว่างตัวอย่างสองกลุ่ม (class unbalance)

สรุปการประเมินแบบจำลองการลุกลามของไฟป่า วิธีการประเมินยังมีสิ่งที่ต้องพัฒนาอีกหลายประการ ประการแรกคือ วิธีการประเมิน ซึ่งวิธีการที่ใช้นี้เป็นวิธีการเปรียบเทียบตัวอย่างที่เป็นผลการทำนาย กับคำตอบที่แท้จริง โดยที่ตัวอย่างแต่ละตัวอย่างไม่มีความสัมพันธ์ต่อกัน ยกตัวอย่างเช่น ตำแหน่งที่หนึ่งแหละตำแหน่งที่สองใด ๆ ในพื้นที่ศึกษาถูกระบุว่าเป็นผลบวกจริง (TP) และผลลบปลอม (FN) ตามลำดับ เมื่อนำมาประเมินด้วยตัวชี้วัดที่นำเสนอ ทั้งสองตัวอย่างนี้ไม่มีความเกี่ยวข้องกันใด ๆ ซึ่งในความเป็นจริงแล้ว พื้นที่เผาไหม้ทางกายภาพมีความสัมพันธ์ต่อกันทั้งสิ้น เพราะการลุกลามของไฟป่าเป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกิดขึ้นจากจุดหนึ่งไปสู่อีกจุดหนึ่ง วิธีการประเมินนี้ยังมีข้อจำกัดดังกล่าว นอกจากนี้การลุกลามของไฟป่าการเปลี่ยนแปลงเชิงเวลา ในขณะที่พื้นที่เผาไหม้อ้างอิง ไม่ว่าจะได้มากจากการประมวลผลข้อมูลภาพดาวเทียม ข้อมูลพื้นที่เผาไหม้อ้างอิงไม่มีการข้อมูลการเปลี่ยนแปลงเชิงเวลาของพื้นที่เผาไหม้ จากข้อจำกัดดังกล่าว ทางผู้วิจัยนำเสนอข้อเสนอแนะ ได้แก่ การพัฒนาวิธีการ และตัวชี้วัดสำหรับประเมินแบบจำลองที่รองรับการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลเชิงเวลา รองรับความสัมพันธ์ของข้อมูลเชิงพื้นที่ทางกายภาพ คำนึงถึงความสัมพันธ์ของพื้นที่ใกล้เคียง แทนที่จะพิจารณาเฉพาะตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่ง การจัดหาแหล่งข้อมูลพื้นที่เผาไหม้ที่เกิดขึ้นเพื่อการอ้างอิง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 6 สรุปผลการวิจัย

จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้คือการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการป้องกันการลุกลามไฟป่า ที่สามารถจำลองการลุกลามของไฟป่าสำหรับพื้นที่อยู่อาศัย ประเมินความเสียหาย และแสดงสถานที่สำคัญ และสามารถจำลองแนวป้องกันไฟ ซึ่งงานวิจัยนี้ได้สามารถพัฒนาระบบให้สามารถทำงานดังกล่าวได้ แต่เนื่องระบบที่นำเสนอมีองค์ประกอบหลายองค์ประกอบ ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการวิจัยพัฒนา ข้อจำกัด และข้อเสนอแนะ ของแต่ละองค์ประกอบ

6.1 แบบจำลองการลุกลามของไฟป่า

6.1.1 ข้อมูลสภาพอากาศ

ข้อมูลสภาพอากาศในขณะเกิดเหตุจำเป็นอย่างยิ่งเพราะส่งผลอย่างมากต่อทิศทางการลุกลามของไฟป่า นอกจากนี้สภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา แต่แบบจำลองการลุกลามไม่รองรับการเปลี่ยนแปลง โดยแบบจำลองจะทำนายการลุกลามบนสมมติฐานที่ว่าข้อมูลขาเข้าไม่เปลี่ยนแปลง พื้นที่เกิดเหตุที่มีขนาดใหญ่มีแนวโน้มที่จะมีสภาพอากาศแตกต่างกันในแต่ละจุด ข้อมูลความเร็วและทิศทางลมที่ใช้ในงานวิจัยเป็นค่าเฉลี่ยที่ใช้เท่ากันทุกตำแหน่ง ซึ่งอาจแตกต่างจากความเป็นจริง ทั้งนี้การจะได้ซึ่งข้อมูลสภาพอากาศทุกจุดเป็นไปได้ยากในทางปฏิบัติ แม้แบบจำลองจะไม่รองรับการเปลี่ยนแปลงเชิงเวลาของข้อมูลสภาพอากาศ แต่แบบจำลองใช้ข้อมูลราสเตอร์ในการระบุข้อมูลสภาพอากาศ นั้นคือสามารถระบุข้อมูลที่แตกต่างกันในแต่ละตำแหน่งได้ อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้จะใช้ค่าเฉลี่ยทั้งพื้นที่ทั้งหมด เนื่องจากการวัดข้อมูลสภาอากาศโดยละเอียดในแต่ละจุดทำได้ยากในทางปฏิบัติ ข้อเสนอแนะในส่วนนี้คือการพัฒนาแบบจำลองให้สามารถรองรับข้อมูลสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงได้ หรือการวัดข้อมูลสภาพอากาศในสถานที่จริงแบบเวลาจริง (real-time) หรือใกล้เวลาจริง (near real-time) อาจลดข้อจำกัดนี้ นอกจากนี้อีกหนึ่งข้อมูลสภาพหาได้ยาก เช่น ความชื้นในเชื้อเพลิง ซึ่งมีผลโดยต่อความน่าจะเป็นที่เชื้อเพลิงนั้นจะเกิดการเผาไหม้ งานวิจัยนี้ไม่ครอบคลุมอิทธิพลของความชื้นต่อการลุกลามและใช้ค่าคงที่ตลอดการวิจัย นอกจากนี้การนำเข้าข้อมูลสภาพอากาศสู่ระบบจากแหล่งข้อมูลออนไลน์ ไม่สามารถทราบได้ว่าแหล่งข้อมูลมีความน่าเชื่อถือในระดับใด ดังนั้นระบบจึงรองรับให้ผู้ใช้งานสามารถนำเข้าข้อมูลได้เอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

6.1.2 ข้อมูลจุดกำเนิดไฟป่า

ข้อมูลจุดความร้อนเริ่มต้น เป็นอีกประการที่ขาดไม่ได้ แต่จัดเก็บและหาได้ยากในทางปฏิบัติ แต่ส่งผลอย่างมากต่อการทำนายการลุกลาม ทางเลือกที่นำมาใช้คือการใช้แหล่งข้อมูลจากดาวเทียม ซึ่งมีข้อจำกัดในเรื่องของความละเอียดและแม่นยำ พื้นที่เผาไหม้บางส่วน เกิดในบริเวณที่ไม่มีข้อมูลจุดความร้อน แต่ทั้งนี้ความผิดพลาดอาจเกิดได้จากหลายประการ เช่น บริเวณนั้นไม่อยู่ในขอบเขตของกล้องความร้อน พื้นที่เผาไหม้อ้างอิงอาจจะมีความผิดพลาดเป็นต้น จะพบว่าถ้าหากมีวิธีได้มาซึ่งข้อมูลจุดกำเนิดไฟป่า จะช่วยยกระดับการพัฒนาแบบจำลองการลุกลามของไฟป่าได้อย่างมาก การพัฒนาระบบในส่วนนี้ทางเลือกหนึ่งคือการแหล่งข้อมูลจุดความร้อน การใช้ข้อมูลจุดความร้อนจากดาวเทียมจะช่วยเพิ่มทางเลือกให้กับผู้ใช้งาน แม้ข้อมูลชนิดนี้จะมีข้อจำกัดแต่ก็สามารถทดแทนการเก็บข้อมูลภาคสนามได้ ซึ่งทำได้ยากและไม่ทันกาล

6.1.3 ข้อมูลแบบจำลองเชื้อเพลิง

แบบจำลองการลุกลามของไฟป่าจำเป็นต้องใช้ข้อมูลแบบจำลองเชื้อเพลิงสำหรับการจำลองลักษณะสิ่งปกคลุมดิน และพืชพรรณ เนื่องจากประเทศไทยยังไม่มีการจัดทำข้อมูลแบบจำลองเชื้อเพลิง งานวิจัยนี้จึงใช้การแปลงข้อมูลสิ่งปกคลุมดินเป็นการทดแทน สำหรับแบบจำลองเชื้อเพลิงมาตรฐานในประเทศสหรัฐอเมริกานั้น จัดทำโดยการทดลองการลุกลามของไฟป่าด้วยวัสดุชนิดต่าง ๆ ในห้องทดลอง และทำการทำทำชุดตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณ ซึ่งจะเป็นพื้นฐานให้กับการพัฒนาต่อยอดงานวิจัยต่อไป

ถึงแม้ว่าจะมีการจัดเก็บข้อมูลสิ่งปกคลุมดินเฉพาะพื้นที่ที่มีอัตราการเกิดไฟป่าบ่อยครั้ง ในประเทศไทย แต่ถ้าหากไม่มีการพัฒนาแบบจำลองสำหรับประเทศไทย ก็อาจจะจำเป็นต้องใช้ข้อมูลมาตรฐานของสหรัฐอเมริกาต่อไป ดังนั้นข้อเสนอแนะของผู้วิจัยคือการพัฒนา วิจัย ทดลอง แบบจำลองเชื้อเพลิงสำหรับประเทศไทย เพื่อเป็นการสร้างพื้นฐานการวิจัยต่อไป

6.1.4 แบบจำลองการลุกลามของไฟป่า

นอกจากข้อมูลขาเข้าแล้ว แบบจำลองการลุกลามของไฟป่าเองก็เป็นองค์ประกอบหนึ่งที่เป็นข้อจำกัดของระบบ ประการแรกคือ แบบจำลองไม่รองรับการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ รองรับเฉพาะไฟที่ลุกลามบนผิวดิน ไม่รองรับการทำนายไฟชนิดอื่น ๆ เช่น ไฟเรือนยอด ไฟใต้ดิน ซึ่งในทางปฏิบัติ ไฟชนิดอื่น ก็อาจส่งผลต่อพื้นที่เผาไหม้ที่เกิดขึ้นจริง เช่น ในสภาพอากาศที่มีลมรุนแรง ไฟที่ลุกลามขึ้นสู่ยอดไม้ อาจได้รับอิทธิพลของลม จนทำให้เชื้อเพลิงที่ติดไฟ ถูกพัดด้วยแรงลมจนไปทำให้เกิดไฟป่าที่ตำแหน่งอื่นได้ ระบบ ThaiWDSS ไม่รองรับผลดังกล่าว จากข้อจำกัดดังกล่าว ระบบนี้จึงเหมาะกับการทำนายเฉพาะไฟผิวดิน และจากข้อจำกัดที่ว่าแบบจำลองไม่รองรับการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศระบบนี้จึงเหมาะกับการทำนายการลุกลามของไฟป่าในช่วงเวลาไม่เกิน 3 ชั่วโมง เนื่องจากเวลาที่นานขึ้นจะทำให้ระบบมีความน่าเชื่อถือของการทำนายลดลง

การจำลองการสร้างแนวป้องกันที่สมจริงมากมีขนาดเล็กอาจจะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการทำนายการลุกลาม เนื่องมาจากความละเอียดของข้อมูลแบบจำลองเชื้อเพลิง จากข้อจำกัดดังกล่าว สาเหตุสำคัญคือความละเอียดของข้อมูลสิ่งปกคลุมดิน การพัฒนาในส่วนนี้อาจทำการพัฒนาข้อมูลสิ่งปกคลุมดิน เช่นการเพิ่มความละเอียดของข้อมูล แต่เนื่องจากข้อมูลสิ่งปกคลุมดินนั้นมาจากดาวเทียม หน่วยงานของรัฐอาจทำการจัดเก็บข้อมูลสิ่งปกคลุมดินในพื้นที่ที่มีอัตราการเกิดไฟป่าสูงไว้ก่อนล่วงหน้า แต่ก็ทำได้ยากในทางปฏิบัติ ดังนั้นเทคโนโลยีการด้านการสำรวจระยะไกล (Remote sensing) จะมีประโยชน์มาก วิธีการที่ใช้งานวิจัยนี้คือการแปลงข้อมูลสิ่งปกคลุมดินเป็นข้อมูลแบบจำลองเชื้อเพลิงมาตรฐาน เพื่อให้สามารถแยกแยะความแตกต่างของวัสดุใช้พื้นที่ได้ในระดับหนึ่ง แม้จะไม่ละเอียด มากนักแต่ผลที่ได้ก็ช่วยการทำนายการลุกลามของไฟป่า

ระบบที่พัฒนาในงานวิจัยนี้มุ่งรองรับวิธีการป้องกันภัยจากการลุกลามของไฟป่าบนผิวดิน โดยการสร้างแนวป้องกันไฟเท่านั้น ทั้งนี้ในทางปฏิบัติยังมีไฟชนิดอื่น เช่น ไฟเรือนยอด ไฟใต้ดิน และวิธีการป้องกันอื่น ๆ เช่น การดับไฟด้วยน้ำจากเครื่องบิน รวมทั้งปัญหาอื่น ๆ เช่น การวางแผนกำลังคน ทรัพยากรในการดับไฟ ปัญหาหมอกควัน งานวิจัยในอนาคตสามารถนำระบบนี้ไปพัฒนาต่อยอดให้มีขอบเขตการทำงานที่มากขึ้นได้

6.2 การระบุพื้นที่ชุมชน

การระบุพื้นที่ชุมชนเป็นปัญหาอีกประการที่สามารถทำการพัฒนาต่อได้อีกมาก เนื่องจากข้อมูลนี้สำคัญมากต่อการระบุเป้าหมายที่จะถูกทำลายโดยไฟป่า แต่การจัดเก็บข้อมูลนั้นทำได้ยาก การใช้แหล่งข้อมูลจากหลายแหล่ง เช่น ข้อมูลของหน่วยงานรัฐ ข้อมูลจากแหล่งข้อมูลเปิด หรือการใช้คอมพิวเตอร์ระบุจากแหล่งข้อมูลอื่น เช่น ภาพถ่ายจากดาวเทียม โดยแหล่งข้อมูลที่แตกต่างกันมีข้อดี ข้อจำกัดที่แตกต่างกัน ข้อมูลที่จัดเก็บโดยหน่วยงานรัฐ มีความน่าเชื่อถือสูง แต่อาจจะไม่สามารถรวบรวมได้ในเวลาอันสั้น หรืออาจจะล้าสมัย ข้อมูลจากแหล่งข้อมูลออนไลน์ เช่น OSM ก็เป็นอีกแหล่งข้อมูลที่มีน่าเชื่อถือในระดับหนึ่ง แต่ก็อาจจะไม่มีครบถ้วน ล้าสมัย ข้อมูลจากภาพถ่ายทางอากาศ ภาพถ่ายจากดาวเทียม มีความทันสมัย ข้อมูลอาจช้ากว่าความจริงไม่กี่วัน แต่ก็มีปัญหาในการระบุพื้นที่ชุมชน บ้านเรือน การพัฒนาหนึ่งก็คือการพัฒนาอัลกอริทึมที่จะค้นหาบ้านเรือนจากภาพถ่าย สำหรับแบบจำลองการเรียนรู้เชิงลึก (Deep learning) ที่นำมาพัฒนาต่อในงานวิจัยนี้ ไม่ได้รับการพัฒนามาด้วยชุดข้อมูลของประเทศไทย ดังนั้นเพื่อเป็นการพัฒนาต่อ ข้อเสนอแนะหนึ่งก็คือการพัฒนาแบบจำลองการเรียนรู้เชิงลึกด้วยชุดข้อมูลพื้นที่ชุมชนของประเทศไทย อีกข้อเสนอแนะหนึ่งคือ การจัดเก็บข้อมูลพื้นที่ชุมชนในพื้นที่ที่มีอัตราการเกิดไฟป่าบ่อยครั้ง นอกจากนี้แบบจำลองของ ABD ทางผู้พัฒนาได้ระบุว่าสามารถพัฒนาให้รองรับข้อมูลจากแหล่งข้อมูลแผนที่อื่นๆ นอกจาก Bing Maps ได้ ทำให้สามารถพัฒนาต่อให้สามารถใช้ข้อมูลลจากหลายๆแหล่งได้

6.3 การประเมินความเสียหาย

การประเมินความเสียหาย ข้อมูลนี้เป็นตัวแปรสำหรับการตัดสินใจของผู้ใช้งานในการประเมินทางเลือกในการตัดสินใจ การดำเนินการป้องกันแบบใดที่จะสร้างความปลอดภัยให้กับชุมชนได้มากที่สุด ก่อนที่จะมีการปฏิบัติการจริง ทั้งนี้ความแม่นยำของระบบเป็นผลมาจากการจำลอง และข้อมูลมากมาย การนิยามความหมายของผลกระทบจากไฟป่าให้ครอบคลุมจะช่วยให้การพัฒนาระบบดีขึ้น โดยในงานวิจัยนี้นิยามของผลกระทบคือ จำนวนบ้านเรือนที่จะได้รับผลกระทบ ทั้งนี้ไม่ได้ครอบคลุมถึงจำนวนประชากรที่จะได้รับผลกระทบ ในการพัฒนาในอนาคตหากคำนึงถึงจำนวนประชากร หรือสิ่งอื่นๆ เพิ่มเติม อาจนำไปสู่การพัฒนาระบบที่ดียิ่งขึ้น ทั้งนี้ข้อจำกัดมักจะเกิดจากความเป็นไปได้ในการหาแหล่งข้อมูล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การประเมินความเสียหายร่วมกับการป้องกัน ในทางปฏิบัติการป้องกันสามารถทำได้หลายวิธี แต่งานวิจัยนี้ครอบคลุมเฉพาะการป้องกันการลุกลามของไฟป่าด้วยแนวป้องกันไฟเท่านั้น โดยความเสียหายที่ได้จากการประเมินอยู่บนสมมติฐานที่ว่าแนวป้องกันไฟที่มีประสิทธิภาพสูงสุด ไฟป่าไม่สามารถผ่านได้เลย แต่ในทางปฏิบัติแนวป้องกันไฟอาจจะไม่สามารถหยุดการลุกลามของไฟป่าที่รุนแรงมากได้ หรือไฟป่าอาจจะลุกลามจากการพัดเศษเชื้อเพลิงที่กำลังเผาไหม้ด้วยแรงลมข้ามแนวป้องกันไฟ ทำให้ไฟป่าสามารถเกิดการลุกลามข้ามแนวป้องกันไฟได้ (spotting fire)

ข้อเสนอ และงานวิจัยในอนาคต

งานวิจัยได้ผลลัพธ์คือระบบ แม้จะยังอยู่ในขั้นตอนของการพัฒนา แต่ระบบก็สามารถใช้งานตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยได้จริง ข้อจำกัดขององค์ประกอบของเทคโนโลยีที่นำมาพัฒนาในระบบนี้ ทางผู้วิจัยสรุปข้อจำกัด และขอบเขตการทำงานของระบบได้ดังนั้น ระบบนี้เหมาะสำหรับการใช้ประกอบการวางแผนการป้องกันพื้นที่ชุมชนจากการลุกลามของไฟป่าที่ลุกลามบนผิวดิน ในพื้นที่ประมาณ 1-5 ตารางกิโลเมตร ระยะเวลาการทำนายไม่เกิน 3 ชั่วโมงนับตั้งแต่ข้อมูลจุดกำเนิดไฟ ข้อมูลสภาพอากาศควรจะเป็นข้อมูลที่วัดในพื้นที่จริง รองรับการป้องกันไฟจากการสร้างแนวป้องกันไฟเท่านั้น ระบบไม่รองรับผลกระทบอื่นจากไฟป่า เช่น หมอกควัน ระบบไม่รองรับ โดยระบบนี้สามารถนำไปใช้งานในการเตรียมความพร้อมเผชิญเหตุภัย ก่อนที่จะเกิดขึ้นจริงได้ เช่น การจำลองการใช้งานแนวป้องกันไฟก่อนที่จะเกิดเหตุการณ์จริง เพื่อจำลองความสามารถในการป้องกันภัย โดยผู้ใช้อาจใช้ในการตัดสินใจแก้ไข เพิ่มเติม หรือปรับลดแนวป้องกันไฟเดิมที่มีอยู่แล้ว อีกกรณีหนึ่งระบบนี้สามารถนำไปใช้ประกอบการตัดสินใจวางแผนเผชิญเหตุการณ์จริง ก่อนที่เจ้าหน้าที่จะดำเนินแผนการป้องกันจริง จากทั้งสองกรณีนี้อาจกล่าวได้ว่า ระบบนี้รองรับกระบวนการการป้องกันและลดผลกระทบ (Prevention and Mitigation), การเตรียมความพร้อม (Preparedness), และการรับมือการจัดการภัยพิบัติในภาวะฉุกเฉิน (Response) ผู้วิจัยคาดหวังว่าระบบนี้จะเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยในอนาคตที่จะสามารถพัฒนาขยายขอบเขตการทำงานของระบบ และสามารถนำไปประกอบการวางแผนเผชิญเหตุ หรืออาจจะนำไปประกอบการวางนโยบายด้านการป้องกันสาธารณะภัย ระบบจะได้รับการพัฒนาต่อไป ทำให้ในอนาคตส่วนประสานงานกับผู้ใช้ การใช้งานระบบ อาจจะแตกต่างกับการบรรยายในวิทยานิพนธ์ สุดท้ายนี้ระบบได้อยู่ภายใต้สัญญาอนุญาตซอฟต์แวร์โอเพนซอร์ซที่เปิดเผยการพัฒนาทั้งหมดบนเวปไซต์ github.com ตามที่อยู่ออนไลน์นี้ github.com/jirapast/ThaiWDSS/

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

หัวข้อนี้กล่าวถึงสัญญาอนุญาต (license) และลิขสิทธิ์ (copyright) ของซอฟต์แวร์ทั้งหมดที่นำมาพัฒนาต่อในงานวิจัยนี้ เนื่องจากระบบที่นำเสนอในงานนี้ถูกพัฒนามาต่อมาจากซอฟต์แวร์โอเพนซอร์ซ (opensource software) หลายซอฟต์แวร์ โดยซอฟต์แวร์ดังกล่าวทั้งหมดเปิดเผยแหล่งที่มา และรหัสต้นฉบับ (source code) ให้สาธารณะสามารถนำไปพัฒนาต่อได้ แต่ต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไขของสัญญาอนุญาต (license) และ ลิขสิทธิ์ของผู้พัฒนา ทั้งนี้ระบบที่พัฒนาในงานนี้ถูกพัฒนาต่อมาจากซอฟต์แวร์โอเพนซอร์ซหลายงาน แต่ละซอฟต์แวร์ใช้สัญญาอนุญาตโอเพนซอร์ซที่ทำให้สามารถนำไปพัฒนา ดัดแปลงแก้ไขได้อย่างอิสระ แต่ทั้งนี้สัญญาอนุญาตก็ยังมีความแตกต่างกันเล็กน้อย รายละเอียดโดยสังเขปของแต่ละสัญญาที่เกี่ยวของกับซอฟต์แวร์ที่นำมาพัฒนาในงานสรุปดังต่อไปนี้

1) GNU General Public License (GPL)
   สามารถแก้ไข ดัดแปลง พัฒนา แจกจ่ายได้ แต่งานนั้นจะต้องอยู่ภายใต้สัญญาอนุญาต GPL
2) MIT license (MIT)
   สามารถแก้ไข ดัดแปลง พัฒนา แจกจ่าย แต่ต้องมีข้อสัญญานี้ ในส่วนใดส่วนหนึ่งของงาน
3) 2-clause BSD license (BSD 2-clause)
   สามารถแก้ไข ดัดแปลง พัฒนา แจกจ่าย แต่ต้องมีข้อสัญญานี้ ในส่วนใดส่วนหนึ่งของงาน
4) 3-clause BSD license (BSD 3-clause)
   แจกจ่ายได้ แต่ห้ามมิให้ใส่ชื่อองค์กรที่ผลิต หรือชื่อผู้พัฒนาเข้าไปในงาน เพื่อใช้ในการโฆษณาส่งเสริมสินค้า เว้นแต่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรเท่านั้น แต่ต้องระบุข้อสัญญาลงไปในส่วนใดส่วนหนึ่งของงาน

ในตารางที่ 6 สรุปสัญญาอนุญาตและลิขสิทธิ์ของทุกซอฟต์แวร์ที่นำมาใช้พัฒนาในงานวิจัยนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Open-source software	Copyright	License	Description
GRASS GIS	1999-2020 GRASS Development Team	GPL	
Automated-building-detection on www.github.com	2020, Jacopo Margutti	MIT	
Leaflet	2010-2022, Vladimir Agafonkin 2010-2011, CloudMade	BSD 2-Clause	
geemap	2020-2021, Qiusheng Wu	MIT	
Google Earth Engine			Free for noncommercial use
Axios	2014-present Matt Zabriskie & Collaborators	MIT	
Material-ui (MUI)	2014, Call-Em-All	MIT	
React	Facebook, Inc. and its affiliates.	MIT	
Numpy	2005-2022, Numpy Developers	BSD 3-clause	
Pandas	2008-2011, AQR Capital Management, LLC, Lambda Foundry, Inc. and PyData Development Team All rights reserved.	BSD 3-clause	
OpenStreetMap	OpenStreetMap	Open Data Commons Open Database License (ODbL)	
Bing Maps	2022 Microsoft Corporation	Developer License	Free for noncommercial use

ตารางที่ 6 สรุปสัญญาอนุญาตและลิขสิทธิ์ของซอฟต์แวร์หลักที่ใช้ในการพัฒนาระบบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บรรณานุกรม

1. Forest Protection and Fire Control Office, *Annual Report 2019*. 2019.
2. Noonan-Wright, E.K., et al., *Developing the US wildland fire decision support system.* Journal of Combustion, 2011. **2011**.
3. Lee, B., et al., *Information systems in support of wildland fire management decision making in Canada.* Computers and Electronics in Agriculture, 2002. **37**(1-3): p. 185-198.
4. Andrews, P.L., *The Rothermel surface fire spread model and associated developments: A comprehensive explanation.* Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-371. Fort Collins, CO: US Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 121 p., 2018. **371**.
5. Rothermel, R.C., *A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels*. Vol. 115. 1972: Intermountain Forest & Range Experiment Station, Forest Service, US ....
6. Reeves, M.C., et al., *Spatial fuel data products of the LANDFIRE project.* International Journal of Wildland Fire, 2009. **18**(3): p. 250-267.
7. Rothermel, R.C., *How to predict the spread and intensity of forest and range fires*. Vol. 143. 1983: US Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range ....
8. Baker, B.B. and E.T. Copson, *The mathematical theory of Huygens' principle*. Vol. 329. 2003: American Mathematical Soc.
9. Finney, M.A. and K.C. Ryan. *Use of the FARSITE fire growth model for fire prediction in US National Parks*. in *Proceedings of the international emergency management and engineering conference*. 1995. Citeseer.
10. Neteler, M., et al., *GRASS GIS: A multi-purpose open source GIS.* Environmental Modelling & Software, 2012. **31**: p. 124-130.
11. Keeley, J.E., *Fire intensity, fire severity and burn severity: a brief review and suggested usage.* International journal of wildland fire, 2009. **18**(1): p. 116-126.
12. United Nations. *Normalized Burn Ratio (NBR)*. 2022 8/29/2022]; Available from:

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

https://un-spider.org/advisory-support/recommended-practices/recommended-practice-burn-severity/in-detail/normalized-burn-ratio.

13. Ronneberger, O., P. Fischer, and T. Brox. *U-net: Convolutional networks for biomedical image segmentation*. in *International Conference on Medical image computing and computer-assisted intervention*. 2015. Springer.
14. Gobpradit, S. and P. Vateekul. *Angiodysplasia segmentation on capsule endoscopy images using AlbuNet with squeeze-and-excitation blocks*. in *Asian Conference on Intelligent Information and Database Systems*. 2020. Springer.
15. Sakellariou, S., et al., *Review of state-of-the-art decision support systems (DSSs) for prevention and suppression of forest fires.* Journal of Forestry Research, 2017. **28**(6): p. 1107-1117.
16. Tymstra, C., et al., *Development and structure of Prometheus: the Canadian wildland fire growth simulation model.* Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Northern Forestry Centre, Information Report NOR-X-417.(Edmonton, AB), 2010.
17. San-Miguel-Ayanz, J., et al., *Comprehensive monitoring of wildfires in Europe: the European forest fire information system (EFFIS)*, in *Approaches to managing disaster-Assessing hazards, emergencies and disaster impacts*. 2012, IntechOpen.
18. Finney, M.A., et al., *A method for ensemble wildland fire simulation.* Environmental Modeling & Assessment, 2011. **16**(2): p. 153-167.
19. Anderson, H.E., *Aids to determining fuel models for estimating fire behavior*. Vol. 122. 1981: US Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range ….
20. Scott, J.H., *Standard fire behavior fuel models: a comprehensive set for use with Rothermel's surface fire spread model*. 2005: US Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station.
21. Richards, G.D., *An elliptical growth model of forest fire fronts and its numerical solution.* International journal for numerical methods in engineering, 1990. **30**(6): p. 1163-1179.
22. Mishra, A., A. Pandey, and A.S. Baghel. *Building detection and extraction*

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

techniques: A review. in *2016 3rd International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom)*. 2016. IEEE.

23. Luo, L., P. Li, and X. Yan, *Deep learning-based building extraction from remote sensing images: A comprehensive review.* Energies, 2021. **14**(23): p. 7982.
24. Badrinarayanan, V., A. Kendall, and R. Cipolla, *Segnet: A deep convolutional encoder-decoder architecture for image segmentation.* IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence, 2017. **39**(12): p. 2481-2495.
25. Papakosta, P., G. Xanthopoulos, and D. Straub, *Probabilistic prediction of wildfire economic losses to housing in Cyprus using Bayesian network analysis.* International journal of wildland fire, 2017. **26**(1): p. 10-23.
26. Oliveira, S., J. Rocha, and A. Sá, *Wildfire risk modeling.* Current Opinion in Environmental Science & Health, 2021. **23**: p. 100274.
27. Alcasena, F.J., et al., *Assessing wildland fire risk transmission to communities in northern Spain.* Forests, 2017. **8**(2): p. 30.
28. Ager, A.A., et al., *Wildfire exposure to the wildland urban interface in the western US.* Applied geography, 2019. **111**: p. 102059.
29. Alcasena, F., et al., *Assessing wildfire exposure to communities and protected areas in Portugal.* Fire, 2021. **4**(4): p. 82.
30. Agafonkin, V. *Leaflet an open-source JavaScript library for mobile-friendly interactive maps*. 2022 8/27/2022]; Available from: https://leafletjs.com/.
31. Gorelick, N., et al., *Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone.* Remote sensing of Environment, 2017. **202**: p. 18-27.
32. Buchhorn, M., et al., *Copernicus global land cover layers—collection 2.* Remote Sensing, 2020. **12**(6): p. 1044.
33. Wu, Q., *geemap: A Python package for interactive mapping with Google Earth Engine.* Journal of Open Source Software, 2020. **5**(51): p. 2305.
34. Wu, Q., et al., *Integrating LiDAR data and multi-temporal aerial imagery to map wetland inundation dynamics using Google Earth Engine.* Remote sensing of environment, 2019. **228**: p. 1-13.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	Jirapast Buntub
วัน เดือน ปี เกิด	11 October 1992
วุฒิการศึกษา	Chulalongkorn University
ที่อยู่ปัจจุบัน	164/2, Village No. 2, Tha Phon Sub-district, Muang District, Phetchabun Province, 67250
ผลงานตีพิมพ์	พันเอก พงศ์พันธุ์ จันทะคัต, จิรภาส บุญทับ, โปรดปราน บุณยพุกกณะ, เยาวเรศ จันทะคัต และ ร้อยโท ปิยะชาย ชาญสุข. (2564). แนวทางการประยุกต์ใช้กูเกิลเอิร์ธเอนจินเพื่อการเฝ้าติดตามและประเมินผลความเสียหายจากภัยธรรมชาติ. การประชุมระดับชาติ "การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 26 The 26th National Convention on Civil Engineering วันที่ 23-25 มิถุนายน 2564.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University